

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ В.Ф. Фролов
« _____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Тема: «Застосування БПЛА для екологічного моніторингу територій та акваторій України»

Виконавець: студентка групи ЕК-201М Васіна Валерія Федорівна
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: доктор технічних наук, професор Фролов Валерій Федорович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____
(підпис)

Кажан К.І.
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Явніюк А.А.
(П.І.Б.)

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Фролов В.Ф.

«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Васіної Валерії Федорівни

1. Тема роботи «Застосування БПЛА для екологічного моніторингу територій та акваторій України» затверджена наказом ректора від «06» жовтня 2020 р. №19371/ст.
2. Термін виконання роботи: з 06.10.2020 р. по 22.12.2020 р.
3. Вихідні дані роботи: матеріали про використання сучасних технологій для моніторингу НПС, аналіз використання безпілотних літальних апаратів в системі екологічного моніторингу, еволюція безпілотних авіаційних систем.
4. Зміст пояснювальної записки: аналітичний огляд літературних джерел з тематики дипломної роботи, дослідження технології використання БПЛА в екологічному моніторингу, обробка статистичних даних та даних досліджень за допомогою технології використання БПЛА, данні стану моніторингу лісових насаджень та полів, атмосферного повітря та акваторій України.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, схеми.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Підбір, аналіз та обробка літератури. Формування бібліографії	06.10.2020 – 10.10.2020	
2	Складання календарного плану дипломної роботи та узгодження змісту з керівником	11.10.2020 – 12.10.2020	
3	Розробка, формування та представлення на перевірку першого та другого розділів	13.10.2020 – 15.10.2020	
4	Накопичення та систематизація практичних матеріалів	16.10.2020 – 18.10.2020	
5	Розробка та представлення третього та четвертого розділу	19.11.2020 – 21.11.2020	
6	Формування висновків	22.11.2020 – 28.11.2020	
7	Розробка тез доповіді для захисту	29.11.2020	
8	Передзахист дипломної роботи	30.11.2020	
9	Доопрацювання у відповідності з зауваженнями, підготовка презентації	01.12.2020 – 19.12.2020	
10	Ознайомлення з відгуком та рецензією	20.12.2020	
11	Захист дипломної роботи	22.12.2020	

7. Консультація з окремого(мих) розділу(ів):

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	доцент, Кажан К. І.		

8. Дата видачі завдання: «06» жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): _____
(підпис керівника)

Фролов В.Ф.
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____
(підпис випускника)

Васіна В.Ф.
(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Застосування БПЛА для екологічного моніторингу територій та акваторій України»: 77 с., 16 рис., 3 табл., 40 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: процес застосування безпілотних літальних апаратів в системі екологічного моніторингу.

Мета роботи: підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок удосконалення технологічного процесу та устаткування бортового обладнання дистанційно пілотованого літального апарату.

Методи дослідження: аналіз сучасних напрямків проведення екологічного моніторингу з використанням дистанційних методів та структури для оптимальної роботи системи управління польотом ДПЛА, розробка науково-методичного апарату параметричної зміни властивостей бортових систем БПЛА, імітаційна перевірка розробленого апарату, проведення натурних вимірів, розробка науково-практичних рекомендацій для проведення екологічного моніторингу з використанням БПЛА.

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, МЕТОДИ ДЗЗ, МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА, СПОСТЕРЕЖЕННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ НПС..	10
1.1. Методи екологічного моніторингу.....	10
1.2. Засоби контролю параметрів	13
1.3. Методи обробки інформації.....	15
1.4. Висновки до розділу.....	18
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	19
2.1. Організаційна структура державного екологічного моніторингу в Україні.....	19
2.2. Спостереження за станом НПС та контроль параметрів екологічного моніторингу.....	21
2.3. Об'єкти екологічного моніторингу.....	29
2.4. Оцінювання та прогнозування стану моніторингових територій.....	30
2.5. Висновки до розділу.....	32
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ ТА АКВАТОРІЙ УКРАЇНИ.....	33
3.1. БПЛА як складові методів оцінки стану навколишнього середовища, актуальна парадигма та проблематика застосування.....	33
3.2. Типи БПЛА, їх бортовий склад та використання БАТ в Україні.....	35
3.3. Особливості використання БПЛА в екологічному моніторингу.....	38
3.4. Схема системи керування БПЛА.....	39
3.5. Висновки до розділу.....	46
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В МОНІТОРИНГУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	47
4.1. Обстеження лісових насаджень та полів за допомогою БПЛА.....	47
4.2. Використання БПЛА у моніторингу акваторій України.....	52
4.3. Дослідження динаміки зміни якості атмосферного повітря на території	

України.....	54
4.4. Висновки до розділу.....	60
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
5.1. Аналіз впливу негативних чинників на оператора БПЛА.....	61
5.2. Безпека зорового аналізатора при роботі з екраном.....	63
5.3. Розробка рекомендацій запобігання захворювання зорових аналізаторів.....	65
5.4. Пожежна безпека.....	67
5.5. Висновки до розділу.....	70
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ....	74

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

НПС – навколишнє природне середовище;

ПС – природне середовище;

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

БПЛА – безпілотний літальний апарат;

ДПЛА – дистанційно-пілотований літальний апарат;

ЛА – літальний апарат;

ІГС – інженерно-геологічна зйомка;

БВС – безпілотне повітряне судно;

БАС – безпілотна авіаційна система;

БАК – безпілотний авіаційний комплекс;

БПС – безпілотного повітряного судна;

БАТ – безпілотні авіаційні технології;

АЕС – атомна електростанція;

ГІС – геоінформаційна система;

КП – командний пункт;

AQI – індекс якості повітря.

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах постійно зростаючого антропогенного навантаження і зростаючих ризиків техногенних катастроф необхідно модернізувати існуючі системи моніторингу навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря. Для вирішення цього завдання була розроблена система екологічного моніторингу забруднення навколишнього середовища з використанням безпілотних літальних апаратів вертолїтного або літакового типів, оснащених навісним обладнанням, керованим з наземного пункту управління.

Мета і завдання виконання дипломної роботи.

Мета роботи – підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок удосконалення технологїчного процесу, устаткування бортового обладнання безпілотного літального апарату та оцїнити актуальність використання БПЛА в моніторингу атмосферного повітря.

Завдання роботи:

1. Проаналїзувати можливість використання технологїї БПЛА в системї екологічного моніторингу;
2. Видїлити особливостї використання БПЛА в системї спостережень;
3. Виявити можливостї формування процедур БПЛА для екологічного моніторингу та визначити екологічнї проблем для пошуку варїантів їх вирішення за допомогою застосування БПЛА;
4. Дослїдити можливість використання БПЛА в екологічному моніторингу і знятті параметрів НПС, що є основою в проведеннї робїт екологічного моніторингу.

Об’єкт дослідження – процес застосування безпілотних літальних апаратів в системї екологічного моніторингу.

Предмет дослідження – екологічний моніторинг навколишнього природного середовища із застосуванням бортового обладнання БПЛА.

Методи дослідження – системний підхід до розробки складних систем, аналіз сучасних напрямків проведення екологічного моніторингу з використанням дистанційних методів, розробка науково-методичного апарату параметричної зміни властивостей бортових систем БПЛА, імітаційна перевірка розробленого апарату, проведення натурних вимірів, розробка науково-практичних рекомендацій для проведення екологічного моніторингу з використанням БПЛА.

Наукова новизна отриманих результатів. Новизна отриманих результатів полягає в тому, що на основі проведеного аналізу, отриманні дані проаранжували та дослідили динаміку якості атмосферного повітря на Україні за допомогою отримання даних з БПЛА.

Практичне значення отриманих результатів. Полягає в тому, що представлені в роботі матеріали, теоретичні висновки та узагальнення наблизять досвід використання БПЛА до вітчизняних дослідників, допоможуть розширити кругозір і розвинути творче мислення фахівців. Також, практичне значення полягає в розробці технологічної схеми і практичних рекомендацій по проведенню екологічного моніторингу за допомогою БПЛА та зонуванню територій за рівнем забрудненості певних складових НПС.

Особистий внесок випускника: проаналізовано усі властивості безпілотних літальних апаратів, визначено параметри, що мають вплив на спостереження в системі екологічного моніторингу, виділено коло питань, які потрібно враховувати при побудові системи екологічного моніторингу за допомогою БПЛА.

Апробація отриманих результатів. Результати дипломної роботи доповідалися на LVI Міжнародній науковій онлайн- конференції «Світовий розвиток науки та техніки» (м. Запоріжжя, Україна, 2020), моніторинг водних об'єктів за допомогою безпілотних літальних апаратів.

Публікації: результати дослідження були опубліковані у збірнику наукових матеріалів LVI Міжнародної наукової онлайн- конференції «Світовий розвиток науки та техніки».

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

1.1. Методи екологічного моніторингу

Екологічний моніторинг – це комплексна система моніторингу стану навколишнього середовища, оцінки та прогнозування змін стану навколишнього середовища під впливом природних і антропогенних факторів. Існує три види екологічного моніторингу: біоекологічний (санітарно- гігієнічний), геосистемний (природно- економічний) і біосферний (глобальний).

Існують такі підсистеми екологічного моніторингу, як:

- геофізичний моніторинг (аналіз даних про забруднення, каламутності атмосфери, вивчення метеорологічних і гідрологічних даних НС, а також вивчення елементів неживої складової біосфери, в тому числі об'єктів, створених людиною);
- кліматичний моніторинг (моніторинг та прогнозування коливань в кліматичній системі, що охоплює ту частину біосфери, яка впливає на формування клімату: атмосферу, океан, крижаний покрив і т.д. та тісно пов'язаний з гідрометеорологічними спостереженнями);
- біологічний моніторинг (заснований на моніторингу реакції живих організмів на забруднення навколишнього середовища);
- моніторинг здоров'я населення (система заходів з моніторингу, аналізу, оцінки та прогнозування стану фізичного здоров'я населення) та ін [18].

Методами екологічного моніторингу є:

1. Дистанційні методи

Одним з основних джерел даних для екологічного моніторингу є матеріали дистанційного зондування Землі. Вони об'єднують всі типи даних, отриманих від носіїв інформації:

- космічні (пілотовані орбітальні станції, багаторазові кораблі, автономні

системи супутникової зйомки та ін.);

➤ авіаційного базування (літаки, вертольоти та мікроавіаційні радіокеровані транспортні засоби);

➤ безконтактні методи зйомки (аерокосмічні методи моніторингу НПС, системи спостереження з використанням літальних апаратів, аеростатних засобів, супутників і супутникових систем, а також системи обробки даних дистанційного зондування Землі) [17].

Матеріали дистанційного зондування отримані в результаті безконтактної зйомки з літаючих повітряних і космічних апаратів, кораблів і підводних човнів, наземних станцій. Отримані документи дуже різноманітні за масштабом, роздільною здатністю, геометричним, спектральним та іншими властивостями. Все залежить від виду і висоти зйомки, використовуваного обладнання, а також від природних особливостей місцевості, атмосферних умов і т. д.

Основними якостями віддалених зображень, особливо корисними для картографування, є їх висока деталізація, одночасне охоплення великих територій, можливість отримання повторюваних зображень і вивчення важкодоступних ділянок. В результаті дані дистанційного зондування знайшли широке застосування в картографії: вони використовуються для складання та оперативного оновлення топографічних і тематичних карт, картографування маловивчених і важкодоступних територій (наприклад, високогір'я).

Основними перевагами аерофотознімків, супутникових знімків і цифрових даних, отриманих в ході дистанційного зондування Землі, є їх велика видимість і одночасна робота. Вони охоплюють величезні території, в тому числі важкодоступні, в один і той же час і в одних і тих же фізичних умовах. Зображення дають цілісне і в той же час узагальнене зображення всіх елементів земної поверхні, що дозволяє побачити їх структуру і взаємозв'язки. Дуже важливою перевагою є повторюваність зйомок, тобто фіксація стану об'єктів в різні моменти часу і можливість відстежувати їх динаміку [4,6].

2. Фізико-хімічні методи

- Високоякісний метод (дає можливість визначити, яка речовина

знаходиться в досліджуваному зразку);

- Кількісний метод;
- Гравіметричний метод (визначення маси і процентного вмісту будь-якого елемента, іона або хімічної сполуки, що знаходиться в досліджуваному зразку);
- Титриметричний (об'ємний) метод – вимірювання обсягів як визначеної речовини, так і реагенту, використовуваного для цього визначення. Методи титриметричного аналізу поділяються на 4 групи:
 - а) методи кислотно-основного титрування;
 - б) методи осадження;
 - в) окислювально-відновні методи;
 - г) методи комплексотворення;
- Колориметричний метод (він заснований на зміні кольорних відтінків досліджуваного розчину в залежності від концентрації; колориметричні методи можна розділити на візуальну колориметрію і фотоколориметрію);
- Експрес-методи (включають в себе інструментальні методи, які дозволяють визначити забруднення за короткий проміжок часу, також ці методи широко застосовуються для визначення радіаційного фону, в системі моніторингу повітряного і водного середовища);
- Потенціометричні методи, які засновані на зміні потенціалу електроду в залежності від фізико-хімічних процесів, що протікають в розчині та поділяються на:
 - а) пряму потенціометрію (іонометрію);
 - б) потенціометричне титрування.

3. Методи біологічного моніторингу

Біоіндикація – це метод, що дозволяє судити про стан навколишнього середовища за фактом зустрічі, відсутності і особливостям розвитку біоіндикаторних організмів [4,5]. Біоіндикатори – це організми, наявність, чисельність або особливості розвитку яких служать індикаторами природних процесів, умов або антропогенних змін в навколишньому середовищі. Умови,

визначені за допомогою біоіндикаторів, називаються об'єктами біоіндикації.

Біотестування – це метод, що дозволяє оцінити якість об'єктів навколишнього середовища за допомогою живих організмів в лабораторних умовах.

Оцінка компонентів біорізноманіття – це сукупність методів порівняльного аналізу компонентів біорізноманіття.

4. Методи статистичної та математичної обробки даних

Для обробки даних екологічного моніторингу використовуються методи обчислювальної та математичної біології (включаючи математичне моделювання), а також широкий спектр інформаційних технологій [22].

1.2. Засоби контролю параметрів

В даний час, крім традиційного "ручного" відбору проб, програми моніторингу орієнтовані на збір даних з використанням електронних вимірювальних приладів для дистанційного моніторингу в режимі реального часу.

Використання електронних засобів дистанційного контролю вимірювальних приладів здійснюється з використанням з'єднань з базовою станцією, або по телеметричних мережах, або по наземних лініях зв'язку, стільникових телефонних мереж або інших телеметричних систем.

Перевага віддаленого моніторингу полягає в тому, що в одній базовій станції можна використовувати безліч каналів передачі даних для зберігання та аналізу. Це різко підвищує ефективність моніторингу при досягненні порогових рівнів контрольованих показників, наприклад, на окремих контрольних ділянках. Такий підхід дозволяє вживати негайних заходів на основі даних моніторингу в разі перевищення порогового рівня.

Використання систем дистанційного спостереження вимагає установки спеціального обладнання (датчиків контролю), які зазвичай маскуються для зменшення вандалізму і крадіжок при проведенні моніторингу в легкодоступних місцях. Наземні варіанти дистанційних методів дослідження розглядаються переважно в аспекті горизонтального дистанціювання від об'єктів, розташованих на

поверхні.

Спостереження можуть проводитися за допомогою апаратури, яка безпосередньо розташована на поверхні землі, або розміщуватися на щоглах, дахах будівель або автомобілів. Тому обмеження горизонтальної відстані наземними методами ДЗЗ, в принципі, обмежується абсолютною висотою розміщення приймача, абсолютною висотою спостережуваного об'єкта, кривизною земної поверхні.

У конкретних випадках діапазон методів обмежений впливом атмосфери, рельєфу місцевості і висотою різних загороджувальних споруд. У цьому аспекті до наземних методів відносяться: візуальні, фотографічні і телевізійні методи, тепловізійні, лідарні методи, які використовуються для вирішення, перш за все, питань пошуку і розвідки родовищ корисних копалин, екології, забруднення атмосферного повітря, дослідження і моніторингу урбанізованих територій і виробничо-технологічних систем.

У рамках модернізації необхідно розвивати існуючу мережу метеорологічних станцій, гідрологічних та екологічних постів на базі автоматичних метеостанцій, впроваджувати сучасні автоматичні пристрої та системи збору інформації, відтворювати сучасні системи управління і засоби передачі, відновлювати технічну базу для перевірки приладів і навчати персонал для технічного обслуговування, в кількісному вираженні не нижче поточних показників національної гідрометеорологічної служби Китаю.

Результати спеціалізованих обстежень дозволять дати комплексну оцінку екологічного стану навколишнього середовища, ступеня опустелювання території і природних ресурсів території (грунтового-рослинного покриву, в тому числі лісів; тваринного світу, в тому числі водних мешканців; запасів водних ресурсів і відновлюваних джерел енергії), а також прогнози розвитку екологічної ситуації з урахуванням зовнішніх і внутрішніх факторів навколишнього середовища.

Отримані результати дозволяють уточнити основні цільові показники сталого розвитку регіонів, розрахувати економічний і екологічний потенціал сільськогосподарських угідь з рекомендаціями для природокористувачів щодо

зниження темпів опустелювання і реабілітації порушених територій, а також вирішити інші питання, пов'язані з підвищенням якості навколишнього середовища, збереженням біорізноманіття, раціональним використанням і відновленням природних ресурсів.

1.3. Методи обробки інформації

Екологічна інформація – це відомості про осіб, об'єкти, факти, події, явища і процеси, що мають важливе значення для охорони навколишнього середовища, забезпечення екологічної безпеки, охорони здоров'я громадян і т.д., незалежно від форми їх надання, освітлення екологічної обстановки в населеному пункті.

Методи, використовувані екологією як комплексною наукою, класифікуються на три групи:

- збір інформації стану об'єктів НПС (рослинності, тваринного світу, мікроорганізмів, цілих екосистем та біосфери);
- засоби обробки вилученої інформації;
- розкриття змісту отриманих матеріалів (інтерпретація).

Методи збору екологічної інформації:

- моніторинг за допомогою приладів;
- експеримент (вивчення вирубки лісів, створення водойм, заростання і заселення вулканічних відкладень);
- моделювання.

Систематичні дотримання, які вимагають екологічні дослідження складаються з 3 послідовних етапів:

- формулювання, засновані на спостереженнях теорії закономірностей досліджуваного явища;
- перевірка теорії за допомогою наступних спостережень і експериментів;
- моніторинг того, чи вірні передбачення, засновані на цій теорії.

Даними називають – факти засновані на непрямих або прямих спостереженнях, зроблених за допомогою інструментів або органів чуття та взагалі

всі факти, що стосуються конкретної проблеми.

Спостереження поділяються на кількісні або якісні. Кількісні спостереження більш точні. Вони включають в себе вимірювання кількості, яке може бути чітко виражено в якісних термінах. В результаті спостережень отримуємо дані за якими формується гіпотеза.

Гіпотеза – підтверджене наукою припущення, засноване на спостереженнях, які можуть бути використані для пояснення явища.

При аналізі гіпотези проводиться серія експериментів, метою якого є отримання нових даних, які підтвердили або спростували гіпотезу. У більшості випадків в гіпотезах обговорюється певний ряд факторів, які можуть вплинути на кінцеві результати спостережень.

Методологічною основою екологічної статистики як науки про екологічний стан навколишнього середовища є системний підхід.

В екології найбільш поширені польові біоматематичні методи збору інформації і експерименти: перші дозволяють отримувати інформацію шляхом безпосереднього спостереження, а другі – надавати інформацію в процесі лабораторних досліджень.

За для використання приладів та обладнання для вивчення властивостей повітря, ґрунту та води в обслуговуванні потрібен спеціально навчений інженерний персонал. А для методів вивчення живих організмів потрібні біологи-науковці.

Певна особливістю екологічних спостережень з використанням приладів є: складність і тривалий характер, та коли спостереження за живими організмами і факторами НПС ведуться на тій же частині екосистеми на протязі тривалого періоду.

На додаток до комплексних спостережень в лікарнях може здійснюватися, в цілому, глобальний моніторинг біосфери та усіх екосистем. Отже, у ряді лікарень впроваджено глобальний моніторинг концентрації CO₂ в атмосферному повітрі. Спостереження за станом озонового шару здійснюється за методом використання спеціальних супутників та літаків.

Екологія, як дисциплінарна наука, широко застосовує експериментальний метод дослідження. Суть методу в тому, що в екосистему свідомо вноситься певні зміни та через певний час порівнюються результати дослідження на контрольному

(обов'язково) і експериментальному ділянках екосистеми [1].

Моделювання – це опосередковане дослідження тих об'єктів пізнання, безпосереднє вивчення яких іншими методами дуже утруднено або неможливо. Моделювання стану навколишнього середовища – метод дослідження будови, функціонування, динаміки і розвитку екологічних об'єктів або процесів з використанням моделей, які певною мірою відповідають оригіналу. Модель може бути матеріальною копією об'єкта екології, звичайно, певною мірою спрощеною.

В екології більш широко використовують абстрактні моделі. Основною вимогою НПС до цієї моделі є точність і достатня спільність.

В даний час все більшого поширення набувають методи математичного і математико-картографічного моделювання.

Суть методу математичного моделювання полягає в тому, що за допомогою математичних символів будується абстрактна, спрощена подоба досліджуваної системи; потім, змінюючи значення окремих параметрів, досліджують, як поведе себе ця штучна система, тобто як зміниться кінцевий результат.

Для того щоб побудувати математичну модель, яка адекватно відображала б реальні процеси в системі, потрібні значні емпіричні знання, отримані в різних розділах екологів [22].

Нереально відобразити всю нескінченну безліч зв'язків в екосистемах в єдиній математичній моделі, тому вони використовують принцип "не всі зв'язки істинні" і виділяють основні зв'язки, що дозволяють отримати більш-менш правильне наближення до реальності.

Основний методологічний принцип моделювання стану навколишнього середовища – системний підхід. Моделювання стану навколишнього середовища застосовують переважно з іншими методами, зокрема експериментом і спостереженням. Сучасні математичні моделі розрізняють тактичні і стратегічні моделі.

Тактичні моделі розглядають окремі екосистеми з метою прогнозування їх стану при різних впливах.

Стратегічні моделі будуються в основному в дослідницьких цілях для опису

загальних властивостей екологічної системи, таких як стійкість, стійкість і здатність до саморегуляції.

Метод математико-картографічного моделювання складається з декількох етапів. На першому етапі розробляється картографічна модель, що відображає просторову диференціацію стану природних компонентів екосистеми, а також характер і ступінь їх зміни антропогенними факторами. Потім створюється математична модель і комп'ютерна програма [22].

1.4. Висновки до розділу

Таким чином, у екологічного моніторингу є три види: санітарно- гігієнічний, природно - економічний і глобальний. Віддалений моніторинг полягає в тому, що в одній базовій станції можна використовувати безліч каналів передачі даних для зберігання та аналізу та саме це дозволяє вживати негайних заходів на основі даних моніторингу в разі перевищення порогового рівня. Методологічною основою екологічної статистики як науки про екологічний стан навколишнього середовища є системний підхід.

РОЗДІЛ 2

СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

2.1. Організаційна структура державного екологічного моніторингу в Україні

Вивчення сутності сучасних екологічних процесів, спроби регулювання природного і природно-техногенного балансу неможливі без наукового управління системами різного масштабу. Схема управління стосовно до екологічних систем при аналізі її змісту переходить в розряд найбільш складних. В даний час людська спільнота не має можливостей для вирішення проблем природокористування з достатньою повнотою.

Природокористування трактується як свідома діяльність з регулювання екосфери відповідно до практичних цілей суспільства на основі відомих об'єктивних екологічних законів природного або техногенного характеру. Екологічне управління здійснюється на основі цільових функцій і модельних прогнозних параметрів, з урахуванням попередніх і поточних показників стану екосистеми та планування організаційно-технічних природоохоронних заходів.

В цілому система екологічного моніторингу вирішує одночасно два завдання: пізнання і управління. При цьому дані моніторингу і контролю служать як основою для отримання нових знань, так і обґрунтуванням для планування управління об'єктом [29].

Чим менше відомо про об'єкт, тим більш просунутим повинен бути датчик для отримання максимальної інформації про об'єкт контролю і управління.

В Україні діє "Положення про державну систему екологічного моніторингу", яке визначає основні завдання екологічного моніторингу в Україні [27]. До них в першу чергу відносяться:

- моніторинг стану навколишнього середовища;
- аналіз стану навколишнього середовища та прогнозування її змін;

- забезпечення державних органів виконавчої влади систематичною та своєчасною інформацією про стан навколишнього середовища, а також прогнозами та попередженнями про можливі зміни в ній;
- розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Державна система екологічного моніторингу здійснює такі види робіт: планові спостереження, оперативні та спеціальні дослідження. Планові роботи проводяться систематично за річними програмами на спеціально організованих спостережних пунктах [29].

Необхідність виконання експлуатаційних робіт залежить від випадків аварійного забруднення навколишнього середовища або стихійних лих, ці роботи виконуються в надзвичайних ситуаціях [10].

Спеціальні роботи, такі як моніторинг радіаційного або пестицидного забруднення, проводяться у зв'язку зі збільшенням цих видів забруднення в екосистемах.

Екологічний моніторинг стану якості навколишнього природного середовища на території України здійснюється: Міністерством екології та природних ресурсів, Міністерством з надзвичайних ситуацій, Міністерством охорони здоров'я, Міністерством аграрної політики та продовольства України та Державним інспекцією сільського господарства, Державним агентством лісових ресурсів України, Державним агентством водних ресурсів України, Державним космічним агентством України та інші. Всі перелічені органи влади містять в собі спеціальні служби спостереження, які стежать за станом повітря, ґрунту, акваторій, перенесенням різних речовин, кислотністю опадів і так далі [27].

Державна система екологічного моніторингу функціонує на трьох рівнях: національному, регіональному та місцевому.

Національна програма моніторингу – це комплекс завдань загальнодержавного значення, які базуються на законодавчій і нормативній базі і дозволяють реалізувати основні завдання моніторингу із залученням коштів і систем по всій країні в цілому.

Регіональна програма екологічного моніторингу – це комплекс завдань,

спрямованих на реалізацію завдань моніторингу в межах адміністративного району чи області з урахуванням географічних, соціально-економічних та адміністративних особливостей.

Локальна система моніторингу – це система, що належить окремим суб'єктам системи екологічного моніторингу, що вирішує завдання моніторингу, характерні для даного підрозділу, і є невід'ємною частиною державної системи екологічного моніторингу.

2.2. Спостереження за станом НПС та контроль параметрів екологічного моніторингу

Для отримання об'єктивної інформації про стан і рівень забруднення різних об'єктів навколишнього середовища необхідно мати надійні засоби і методи екологічного контролю. Підвищення ефективності моніторингу стану природного середовища може бути досягнуто за рахунок підвищення продуктивності, оперативності і регулярності вимірювань, збільшення обсягу одночасного моніторингу; автоматизації та оптимізації технічних засобів контролю і самого процесу.

Кошти екологічного моніторингу та контролю поділяються на контактні, безконтактні (дистанційні), біологічні, а контрольовані показники – функціональні (продуктивність, оцінка кругообігу речовин та інші) та структурні (абсолютні або відносні значення фізичних, хімічних або біологічних параметрів – концентрація забруднюючої речовини, коефіцієнт сумарного забруднення та інші).

Контактні методи контролю стану навколишнього середовища представлені як класичними методами хімічного аналізу, так і сучасними методами інструментального аналізу (Рис.2.1). Найбільш широко застосовуються спектральні, електрохімічні та хроматографічні методи аналізу об'єктів навколишнього середовища [12,13].

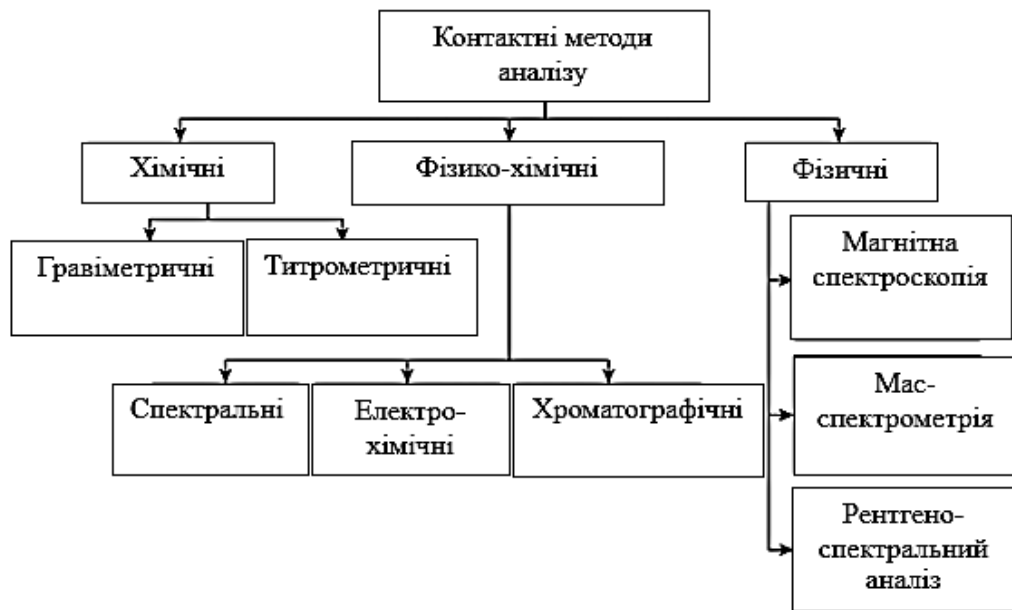


Рис. 2.1. Класифікація методів контактної контролю

Загальна схема контролю включає наступні етапи:

- 1) відбір проб;
- 2) обробка проби з метою збереження вимірюваного параметра і її транспортування;
- 3) зберігання і підготовка проби до аналізу;
- 4) вимірювання контрольованого параметра;
- 5) обробка і зберігання результатів.

Відбір проб часто визначає результати аналізу, оскільки в процесі відбору проб можливе забруднення проби, особливо коли мова йде про вимірювання незначних кількостей забруднюючої речовини. Важливо вибрати місце і засоби відбору проб, а також чистоту пробовідбірників і ємностей для зберігання проби.

У зразку, ізольованому від природного середовища, починаючи з моменту його взяття, процеси "релаксації" здійснюються відповідно до параметрів екосистеми, значення яких визначаються кінетичними факторами. Деякі параметри змінюються швидко, в той час як інші зберігаються протягом тривалого часу. Тому необхідно мати уявлення про кінетику зміни вимірюваного параметра в даному зразку. Очевидно, що чим коротший час від відбору проб до консервації (або аналізу), тим краще. Однак краще додати стандарт контрольованого забруднювача до паралельних

проб і зберегти ці контрольні проби через різні проміжки часу. При вимірюванні "еталонних" зразків ви також можете отримати калібрувальні графіки одночасно. Також бажано використовувати цей "внутрішній стандартний" метод для оцінки інших факторів, які можуть вплинути на результати аналізу (зберігання, транспортування, спосіб підготовки проби до аналізу та інше).

Підготовка проби для аналізу може включати або концентрацію вимірюваного інгредієнта, або його хімічну модифікацію для отримання найбільш вигідних з аналітичної точки зору властивостей. Концентрація досягається двома способами: сорбцією аналізованого компонента (на твердому сорбенті або екстракцією розчинником), методами зменшення обсягу проби, що містить компонент, наприклад, заморожуванням, співіснуванням або випаровуванням. Звичайно, будь-яка така процедура може вплинути на результат аналізу, тому необхідний "внутрішній стандарт".

Ефективність будь-якого методу спостереження і моніторингу стану об'єктів навколишнього середовища оцінюється за наступною сукупністю показників:

- селективність і точність визначення;
- відтворюваність отриманих результатів;
- чутливість виявлення;
- межі виявлення елемента (речовини);
- швидкий аналіз.

Основною вимогою до обраного методу є його застосовність в широкому діапазоні концентрацій елементів (речовин), що включає як слідові кількості в незабруднених об'єктах фонових зон, так і високі концентрації в зонах технічного впливу.

Контактні методи спостереження і моніторингу стану природнього середовища доповнюються безконтактними (дистанційними) методами, заснованими на використанні двох властивостей зондуючих полів (електромагнітного, акустичного і гравітаційного): взаємодіяти з контрольованим об'єктом і передавати отриману інформацію на датчик. Зондуючі поля існують з широким спектром інформативних ознак і різноманітністю ефектів взаємодії з

речовиною контрольованого об'єкта.

Принципи роботи безконтактних пристроїв управління поділяються на пасивні і активні. У пасивному принципі роботи зондує поле приймається від самого об'єкта управління, у другому – від відбитих (пропущених) зондуючих полів, створюваних джерелом. Безконтактні методи спостереження і контролю представлені такими основними групами: аерокосмічними і геофізичними методами. Основні види аерокосмічних методів дослідження: оптична фотозйомка, телевізійна, інфрачервона, радіотермічна, радіолокаційна і багатозонна фотозйомка [14].

Безконтактний моніторинг атмосфери здійснюється з використанням радіоакустичних і лідарних методів.

Спочатку радіохвилі використовувалися для аналізу стану іоносфери (по відображенню і заломленню хвиль), потім хвилі використовувалися для вивчення опадів, хмар і атмосферної турбулентності.

Область застосування радіоакустичних методів обмежена відносно локальними обсягами повітря (радіусом 1-2 км) і вводить їх експлуатацію в наземних умовах і на борту літальних апаратів.

Одна з причин появи відбитого акустичного сигналу є дрібні за масштабами температурні неоднорідності, що дозволяє здійснювати контроль зміни температури, профілів швидкості вітру і межі туману.

В принципі лідарного зондування лазерний промінь розсіюється за допомогою молекул, частинок, неоднорідностями повітря та потім він поглинається, змінює свою частоту, форму імпульсу, в результаті виникає флуоресценція, що дозволяє судити про параметри повітряного середовища такі як тиск, щільність, температура, вологість, концентрація газів, аерозолів, параметри вітру. Перевагою лідарного зондування є монохроматичність, когерентність і можливість зміни спектра, що дає змогу вибірково здійснювати контроль окремих параметрів повітря. Основним недоліком є обмежена можливість зондування атмосфери.

Основними методами безконтактного моніторингу природних вод є радіояркисний, радіолокаційний і флуоресцентний. Методи використовують діапазон яскравості зондуючих хвиль від видимого до вимірювального для вимірювання

збудження, температури та солоності. Радіолокаційний метод займається прийомом та обробкою (амплітудної, енергетичної, частотної, фазової, поляризаційної, просторово-тимчасової) сигналу, відбитого від збуджуваної поверхні [14].

Методи лазерного відбиття, лазерної флуоресценції та фотографії поляризованого світла використовуються для дистанційного моніторингу забруднення акваторій нафтою (площа покриття, товщина, приблизний хімічний склад).

Метод флуоресценції заснований на поглинанні нафтою оптичних хвиль і різниці спектрів люмінесценції легкої і важкої фракцій нафти. Оптимальний вибір довжини збудливої хвилі дозволяє ідентифікувати типи нафтопродуктів за амплітудою і формою спектрів флуоресценції.

Геофізичні методи дослідження використовуються для аналізу складу, структури та стану гірських масивів, в яких можуть розвиватися ті чи інші небезпечні геопроцеси. До яких відносяться: магнітна розвідка, електророзвідка, теплова розвідка, візуальна зйомка, ядерна геофізика, сейсмічні та геоакустичні та інші методи.

Основним видом безпосереднього вивчення небезпечних геологічних процесів і явищ є комплексна інженерно-геологічна зйомка (ІГС). Метод комплексних ІГС до теперішнього часу досить добре розроблений. Методи отримання інженерно-геологічної інформації при проведенні досліджень добре розроблені і включають в себе комплекс підготовчих, польових і лабораторних досліджень. В ході ІГС польові дослідження базуються на традиційних маршрутах геологічних, топографо-геодезичних і ландшафтно-орієнтовних досліджень, гірничо-бурового вишукування, польових випробувань гірських порід, динамічного і статичного цей комплекс робіт включає також спеціальні аерокосмічні, геофізичні, математичні, геодезичні, гідрогеологічні спостереження.

Супутникові знімки передаються на Землю в режимі реального часу в діапазоні 1700 МГц. Можливість безкоштовного прийому супутникової інформації наземними станціями забезпечується Всесвітньою метеорологічною організацією відповідно до концепції "Відкритого неба".

На наземних станціях прийому супутникової інформації супутникові дані приймаються, демодулюються і спочатку обробляються і готуються для введення в персональний комп'ютер станції.

Супутникові дані дистанційного зондування Землі дозволяють вирішувати наступні завдання моніторингу стану навколишнього середовища:

- визначення метеорологічних характеристик: вертикальних профілів температури, інтегральних характеристик вологості, характеру хмарності;
- моніторинг динаміки атмосферних фронтів, ураганів, отримання карт великих природних катастроф;
- визначення температури підстильної поверхні, оперативний контроль і класифікація забруднення ґрунту і водної поверхні;
- виявлення великих або стійких викидів промислових підприємств;
- контроль техногенного впливу на стан лісопаркових зон;
- виявлення великих пожеж і виявлення пожежонебезпечних ділянок в лісах;
- виявлення теплових аномалій і теплових викидів великих виробничих об'єктів і теплових електростанцій в мегаполісах;
- перевірте димові шлейфи з димоходів;
- моніторинг та прогнозування сезонних паводків та розливів річок;
- виявлення та оцінка протяжності основних зон затоплення;
- моніторинг динаміки снігового покриву та забруднення снігового покриву в зонах впливу промислових підприємств.

Очевидно, що оцінка екологічної ситуації на території при формуванні ефективної системи державного екологічного моніторингу неможлива без використання методів біоіндикації якості навколишнього середовища.

Необхідно оцінити якість навколишнього середовища і ступінь її сприятливості для людства, перш за все, для того, щоб:

- визначення стану природних ресурсів;
- розробка стратегії раціонального використання території регіону;

- визначення гранично допустимих навантажень для будь-якого регіону;
- вирішення долі територій інтенсивного промислового і сільськогосподарського використання, забруднених територій та ін.;
- прийняття рішення про будівництво, запуск або зупинку конкретного підприємства;
- оцінка ефективності природоохоронних заходів, впровадження очисних споруд, модернізація виробництва та ін.;
- впровадження нових хімічних речовин та обладнання;
- створення рекреаційних і охоронюваних територій.

Жодне з цих питань не може бути об'єктивно вирішене лише на рівні розгляду формальних питань показників, і вимагає спеціальної комплексної оцінки якості навколишнього середовища, тобто інтегральної характеристики її стану, необхідна біологічна оцінка.

Прямі (інтегральні) методи оцінки екологічної обстановки, в свою чергу, також можна розділити на дві групи – біоіндикаційні та біотестуючі (токсикологічні методи).

Методи біоіндикації засновані на спостереженнях за окремими організмами, популяціями або спільнотами організмів в їх природному середовищі існування з метою визначення якості навколишнього середовища по їх реакціям (змінам). У сільському господарстві метод біоіндикації широко використовується для діагностики харчування сільськогосподарських культур. Цей метод візуальної біоіндикації заснований на вивченні зовнішніх ознак фіто- і біоценозів, що відображають якісні зміни навколишнього середовища.

Для цілей біоіндикації якості навколишнього середовища можуть бути використані популяційні та екосистемні методи. Критерії, що характеризують показники: чисельність і біомаса окремих видів; співвідношення в спільнотах різних видів, їх розподіл за чисельністю та ін.

Патоанатомічні та гістологічні методи біоіндикації приділяють особливу увагу вивченню репродуктивної системи, будь-які зміни в якій безпосередньо пов'язані з

життєвими параметрами популяції. Репродуктивна система дуже чутлива до стресу, і будь-яке порушення можна розглядати як сигнал про наявність несприятливих змін в навколишньому середовищі.

Ембріональні методи діагностики засновані на тому, що найбільш вразливими до зовнішніх порушень є ранні стадії розвитку багатоклітинних організмів. На стадіях фрагментації і формування ембріональних органів і тканин навіть незначні впливи зазвичай призводять до видимих деформацій більш пізніх стадій або навіть загибелі ембріонів. В якості біоіндикаторів зазвичай використовують швидко розвиваються організми, що дають численне потомство. Ці організми також можуть бути використані в якості тест-об'єктів для екологічного біоаналізу.

Більш тонкими і точними методами біодіагностики є імунологічні та генетичні методи.

Імунологічний-заснований на вимірах стану імунної системи під впливом зовнішніх негативних факторів. В результаті будь-якого роду негативного впливу на імунну систему живих організмів в першу чергу змінюється функціональний стан імунокомпетентних клітин-спленоцитів і лімфоцитів. При введенні в клітини організму спеціальних речовин-стандартних мутагенів (ліпополісахаридів і ін.), в залежності від виду впливу, гальмування реакції може свідчити про порушення імунологічного статусу організму.

Генетичні методи дозволяють аналізувати генетичні зміни, що виникають в результаті несприятливих зовнішніх впливів. Поява таких змін характеризує мутагенну активність середовища, а можливість їх збереження в клітинних популяціях відображає ефективність імунної потенції організму.

У нормальних умовах більшість генетичних аномалій видаляється з популяцій імунною системою організму. Наявність таких відхилень можна використовувати як показник стресу, що приводить до вироблення аномальних клітин і зниження здатності імунної системи організму їх руйнувати.

Така різноманітність методів біоіндикації свідчить про їх недосконалість. Дійсно, біоіндикація передбачає контроль існуючого або триваючого забруднення

компонентів навколишнього середовища на основі функціональних характеристик їх мешканців і екологічних характеристик організмів [5].

Біотестування як метод комплексної оцінки токсичності забруднень вже давно використовується в системі моніторингу якості навколишнього середовища за кордоном і починає застосовуватися в даний час. Аргументами на користь доцільності використання підходів біоаналізу якості навколишнього середовища є їх універсальність, виразність, простота, доступність і дешевизна. Висока чутливість тест-організмів до дії забруднюючих речовин навіть привела ряд фахівців до думки про можливість повної заміни всіх гігієнічних нормативів єдиним критерієм якісної оцінки стану навколишнього середовища на основі біотестування.

Важливою умовою правильного біотестування є використання генетично однорідних лабораторних культур, так як вони проходять перевірку чутливості, містяться в спеціальних лабораторних умовах, передбачених стандартами, які забезпечують необхідну збіжність і відтворюваність результатів досліджень, а також максимальну чутливість до токсичних речовин.

Тривалість біотестування залежить від поставленого дослідником завдання. Існують наступні види біотестів:

- гострі біотести (гострі тести), що виконуються на різних тест-об'єктах за показниками виживаності, тривають від декількох хвилин до 24-96 годин.;
- короткострокові (короткострокові хронічні тести) хронічні тести, які тривають протягом семи днів і зазвичай закінчуються після отримання першого покоління тест-об'єктів;
- хронічні тести застосовуються до загальної плодючості ракоподібних, що охоплює три покоління.

2.3. Об'єкти екологічного моніторингу

Основним завданням екологічного моніторингу є надання своєчасної, регулярної та достовірної інформації про стан природного середовища та об'єктів, а також прогнозів зміни екологічної обстановки. Дані моніторингу є основою для

інформаційного забезпечення прийняття рішень, встановлення пріоритетів у галузі охорони навколишнього середовища з метою розробки економічної політики, яка адекватно враховує екологічні фактори.

Система екологічного моніторингу являє собою сукупність взаємопов'язаних правових актів, управлінських структур, наукових організацій і підприємств, технічних та інформаційних засобів.

Об'єктами екологічного моніторингу є:

- компоненти природного середовища – земля, надра, ґрунт, поверхневі і підземні води, атмосферне повітря, рівні радіаційного та енергетичного забруднення, а також озоновий шар атмосфери і навколоземного простору, які в сукупності забезпечують сприятливі умови для існування життя на Землі;
- природні об'єкти-природні екологічні системи, природні ландшафти та їх складові елементи;
- природні та антропогенні об'єкти-природні об'єкти, перетворені в процесі господарської діяльності або створені людиною і мають рекреаційне та охоронне значення;
- джерела антропогенного впливу на природне середовище, в тому числі потенційно небезпечні об'єкти.

2.4. Оцінювання та прогнозування стану моніторингових територій

Прогнозування та оцінювання стану НПС є важливою частиною екологічного моніторингу. Метою екологічного прогнозування є раціональне управління якістю НПС.

Прогноз – це науково обґрунтоване судження про стани об'єкта в майбутньому та про альтернативні шляхи і терміни їх реалізації.

Параметри прогнозу:

- час виконання прогнозу – це проміжок часу, на який робиться прогнозування.

➤ точність прогнозу – оцінка довірчого інтервалу для заданої ймовірності його реалізації.

Прогнозування – процес розробки прогнозів. Прогнозування ґрунтується на трьох джерелах інформації про майбутнє:

- оцінка перспектив розвитку і майбутнього стану явища на основі досвіду, найчастіше за аналогією з відомими аналогічними явищами;
- умовне продовження в майбутнє тенденцій;
- модель майбутнього стану явища або процесу, побудована відповідно до очікуваних змін ряду умов.

Існують такі види прогнозів:

1. Пошуковий прогноз – зміст якого полягає у визначенні можливих станів об'єкта в майбутньому.

2. Нормативний прогноз – зміст якого полягає у визначенні шляхів і термінів досягнення ймовірних станів об'єкта в майбутньому, які прийняті в якості мети.

3. Інтервальний прогноз – результат якого представлений у вигляді довірчого інтервалу певних характеристик об'єкта прогнозу для заданої ймовірності складання прогнозу.

4. Точковий прогноз – це прогноз, результат якого представлений у вигляді одиничного значення, без вказівки довірчого інтервалу.

5. Оперативний прогноз – з терміном виконання до 1 місяця.

6. Короткостроковий – від 1 місяця до 1 року.

7. Середньостроковий – 1–5 років.

8. Довгостроковий – 5–15 років.

9. Довгостроковий – більше 15 років.

Методи прогнозування класифікуються за ступенем формалізації на інтуїтивні і формалізовані (інтуїтивні методи використовують коли об'єкт прогнозування занадто простий або дуже складний, що не дає змогу аналітично врахувати вплив багатьох факторів).

Екологічні прогнози охоплюють широке коло областей до біосфери в цілому. Терміни виконання екологічних прогнозів можуть становити від десятків до сотень років. Екологічне прогнозування значною мірою пов'язане з географічними та демографічними прогнозами. Надійність екологічних прогнозів також безпосередньо пов'язана з динамікою економічного середовища, що зменшує її.

Аналіз прогнозних даних дозволяє вносити певні корективи в господарську діяльність суспільства, корегувати оптимальну взаємодію людського суспільства і навколишнього природного середовища.

2.5. Висновки до розділу

Таким чином, розуміємо, що система екологічного моніторингу вирішує два завдання: пізнання і управління. В Україні діє "Положення про державну систему екологічного моніторингу", яке визначає основні завдання екологічного моніторингу в Україні. Державна система екологічного моніторингу функціонує на трьох рівнях: національному, регіональному та місцевому. Кошти екологічного моніторингу та контролю поділяються на контактні, безконтактні, біологічні, а контрольовані показники – функціональні та структурні. Методи прогнозування класифікуються за ступенем формалізації на інтуїтивні і формалізовані. Метою екологічного прогнозування є раціональне управління якістю НПС.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ ТА АКВАТОРІЙ УКРАЇНИ

3.1. БПЛА як складові методів оцінки стану навколишнього середовища, актуальна парадигма та проблематика застосування

Безпілотні літальні апарати надають небувалі можливості для дистанційного картографування та просторово-тимчасового моніторингу.

Виконуючи зйомку з необхідною періодичністю, можна стежити за розвитком різноманітних гідрологічних процесів і виявляти їх наслідки. Автоматизований процес збору та обробки просторових даних забезпечить високу точність результатів.

В даний час технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) за допомогою космічних апаратів і авіації вивчені і застосовуються досить широко. При цьому справжньою революцією для моніторингу та картографування підстильної поверхні можна вважати використання безпілотних літальних апаратів. Удосконалення знімальної апаратури і носіїв корисного навантаження для зйомки підстильної поверхні дозволяє вести ДЗЗ з повітряних куль, дирижаблів, штучних супутників Землі, пілотованих і безпілотних літальних апаратів. Розвиток технологій ДЗЗ став можливим завдяки появі цифрової зйомки і активних сенсорів — радарів, лазерних скануючих систем, автоматизації аерокосмічних робіт і процесів обробки даних [7,11].

Безпілотні літальні апарати в різних онтологічних варіаціях (БВС, БАС, БАК, БПЛА) визначені в повітряному кодексі.

Передбачається розробка законодавчих та інших нормативних правових актів, які визначають юридично значущі просторові дані, за винятком космічного сегмента ДЗЗ [6].

Існуючі документи, серед яких «основні положення з аерофотозйомки,

виконуваної для створення і оновлення топографічних карт і планів», затверджені Головним управлінням геодезії і картографії при Радміні СРСР ще 22.04.1980 р. вони визначають технічні умови для виконання комплексу робіт з аерофотозйомки пілотованими повітряними суднами, при цьому не враховуються особливості робіт, де носієм знімальної системи є БПЛА.

Поки не розроблені єдині процедури валідації даних, тому вимірювання, проведені за даними такої аерофотозйомки є непідтвердженими без отримання підтверджених характеристик знімальної системи і трудомісткого контролю, що виконується наземними методами.

Відзначимо, що реєстр не визначив вимог щодо обов'язкової сертифікації безпілотних аерофотозйомочних комплексів або одержуваної продукції. Поки не затверджені спеціальні центри обов'язкової сертифікації програмно-апаратних комплексів з безпіотною авіаційною системою. Виділяють три типи процедур добровільної сертифікації:

1) комплекс технічних і програмних засобів безпіотної аерофотозйомки та фотограмметричної обробки, які при збереженні певних умов забезпечать можливість створення ортофотопланів, що задовольняють вимогам точності планів певного масштабу;

2) спеціально ідентифікованої продукції апаратно-програмних комплексів, яка відповідатиме вимогам нормативно-технічних документів для певного виду робіт;

3) відповідності технології застосування БПЛА певної серії та програмного забезпечення обробки даних вимогам внутрішнього документа компанії для створення ортофотопланів і цифрових моделей місцевості заданого масштабу.

При цьому вимоги до цивільних фахівців, що експлуатують безпілотні авіаційні системи, ще не визначені, так як професійний стандарт «фахівець з експлуатації безпілотних авіаційних систем, що включають в себе одне або кілька безпілотних повітряних суден» ще не схвалений. Розроблений стандарт пропонує отримання достатнього обсягу компетенцій, що забезпечують безпеку польотів, але він недостатній для навчання етичним аспектам, забезпечення конфіденційності одержуваних даних, а також забезпечення високої якості вирішення прикладного

завдання [7,15].

3.2. Типи БПЛА, їх бортовий склад та використання БАГ в Україні

В даний час великі виробники професійних безпілотних авіаційних систем для аерофотозйомки і відеоспостереження в Україні представлені невеликим числом компаній [3]. Виконуються роботи в інтересах великих аграрних холдингів.

Жорстке конкурентне середовище, а також те, що бурхливо розвивається ринок ДЗЗ сприяють постійній модернізації виробничих безпілотних аерофотознімальних комплексів. Розглянемо ці комплекси відповідно до загальноприйнятої класифікації залежно від типу безпілотного повітряного судна:

- 1) по глибині застосування БПС:
 - великої дальності – понад 500 км (ВД);
 - середньої дальності – до 500 км (СрД);
 - малої дальності – з радіусом дії до 250 км (МД);
 - ближньої дії – з радіусом дії до 100 км (БЛРД);
- 2) по злітній масі БПС:
 - важкий – понад 500 кг (Т);
 - середній клас – до 500 кг (Ср);
 - легкий клас – до 200 кг (Л);
 - малий клас – до 30 кг (мл);
 - міні-клас – до 1 кг (хв);
- 3) за аеродинамічною схемою компонування БПС:
 - літакового типу (СТ);
 - вертолітного (мультикомп'ютерного) типу (ВТ);
 - комбінованого типу (КТ).

Існує набір бортових систем, що забезпечують штатне функціонування БПЛА, до яких відносяться пристрої:

- супутникового та інерційного позиціонування;

- видової і телеметричної інформації командно-навігаційної радіолінії з антенно-фідерним пристроєм;
- обміну командною інформацією бортової цифрової обчислювальної машини.

Зберігання видової інформації, а також вбудований блок живлення. Встановлені бортові приймачі супутникового позиціонування в основному зроблені за кордоном. Вони можуть бути як одно-, так і багатосистемними: ГЛОНАСС, GPS, BeiDou. В даний час приймачі стають більш компактними, число каналів і підтримуваних супутникових систем зростає, з'являються системи супутникової і наземної диференціальної корекції, що збільшує точність визначення координат центру фотографування фотокамер на БПЛА.

Безпілотні авіаційні технології використовують для вирішення моніторингових, дослідницьких, транспортних, господарських або військових завдань. БАТ – сукупність методів, процесів і методик, які застосовують для управління безпілотними літальними апаратами з програмно-апаратними комплексами на борту. Управління здійснюється людиною або програмним алгоритмом шляхом кабельного, бездротового зв'язку або автономно (за заданою програмою).

Для забезпечення виконання завдань спостереження підстильної поверхні в режимі реального часу під час польоту і цифрової фотозйомки обраних ділянок місцевості, в тому числі важкодоступних ділянок, а також визначення координат досліджуваних ділянок місцевості корисне навантаження БПЛА [7] повинне містити:

- Супутникова навігаційна система (ГЛОНАСС / GPS);
- Перегляд і телеметрична інформація пристроїв радіозв'язку;
- Командні та навігаційні радіолінії з антенно-фідерним пристроєм;
- Пристрій обміну командною інформацією;
- Пристрій для обміну інформацією;
- Бортова цифрова обчислювальна машина (БЦОМ);
- Запам'ятовуючий пристрій для перегляду інформації.

Сучасні телевізійні камери забезпечують оператору зображення спостережуваної місцевості в режимі реального часу у форматі, найбільш близькому до характеристик зорового апарату людини, що дозволяє йому вільно орієнтуватися на місцевості і при необхідності виконувати пілотування БПЛА. Здатність виявляти і розпізнавати об'єкти визначається характеристиками фотоприймача і оптичної системи телевізійних камер. Основним недоліком сучасних телекамер є їх обмежена ємність, яка не забезпечує цілодобового використання. Використання радару дозволяє отримувати інформацію цілодобово і в несприятливих погодних умовах, коли телебачення і телеканали не надають інформацію. Використання змінних модулів дозволяє знизити вартість і переналаштувати склад бортового обладнання для вирішення поставленого завдання в конкретних умовах застосування [9,32].

Основними компонентами системи радіоуправління БПЛА є:

- 1) радар;
- 2) лінії радіопередачі;
- 3) управління (обчислення) автомобілями.

Засоби управління, що входять до складу систем радіоуправління, в залежності від їх розташування поділяються на наземні і бортові. У тих випадках, коли машина, що входить до складу системи радіоуправління, передає свої дані не автоматичним пристроїв управління літаком, а людині, її називають не керуючою машиною, а комп'ютером. Тому керуюча машина є ланкою замкнутої автоматичної системи управління, а комп'ютер – ланкою замкнутої або відкритої системи управління, в якій управління здійснюється при безпосередній (активній) участі людини. Керуючі (обчислювальні) машини, що входять до складу систем управління, часто також називають обчислювальними і вирішальними пристроями або блоками .

За принципом дії використовувані машини діляться на безперервні (аналогові) і дискретні (цифрові). Цифрові машини, в свою чергу, можуть бути універсальними або спеціалізованими. Як правило, для аналогових машин використовуються спеціалізовані верстати [31].

Універсальні цифрові обчислювальні машини (DCMS) використовуються в основному в наземних установках.

Складність використання цифрових машин на борту посилювалася тим, що більшість інформаційних датчиків (радары, гіроскопічні прилади, акселерометри та ін.) видавали цю інформацію не в цифровому, а в аналоговому вигляді, тобто у вигляді безперервних величин і безперервних функцій часу. Тому на борту довелося встановити ряд аналого-кодових перетворювачів, що перетворюють цю безперервну інформацію в цифровий код. Крім того, зазвичай були потрібні кодо-аналогові перетворювачі, оскільки цифрова машина видає інформацію у вигляді цифрового коду, а кермові машини, що керують літаком, працюють, як правило, в безперервному режимі.

Однак в останні роки в бортових установках все частіше використовуються цифрові машини, що, по-перше, обумовлено їх більшою точністю. При достатній кількості цифр, використовуваних в машині, точність практично обмежується не помилками самої обчислювальної машини, а помилками аналого-кодових і кодо-аналогових перетворювачів. Але навіть з урахуванням похибок цих перетворювачів загальна похибка управління в цьому випадку значно менше, ніж при використанні аналогових машин.

Впровадження цифрових керуючих машин, по-друге, пов'язано з тим, що в останні роки був створений ряд типів датчиків, які надають інформацію у вигляді цифрового коду. Це, з одного боку, підвищує точність цих датчиків, а з іншого – усуває необхідність використання аналого-кодових перетворювачів [4].

Машини управління, розташовані на борту літака, часто називають автопілотами.

3.3. Особливості використання БПЛА в екологічному моніторингу

Негативні наслідки господарської діяльності та антропогенного впливу на навколишнє середовище для біосфери сьогодні є об'єктивною реальністю. У той же час негативні результати антропогенного впливу в сучасних умовах розвитку людської цивілізації не є неминучими. Багато в чому деградація навколишнього середовища пов'язана з нераціональним використанням природних ресурсів,

низьким рівнем розвитку і подальшого впровадження сучасних безвідходних технологій, помилками в екологічній і технічній політиці, відсутністю знань про можливі наслідки антропогенного впливу на екосистему [38,39].

В умовах великих та важкодоступних територій, а також в складних кліматичних умовах, застосування безпілотних систем – єдиний засіб ефективно контролювати стан навколишнього середовища.

Використання БПЛА може виступати в якості загального джерела інформації для різних підрозділів на конкретній території, а різноманітність передач корисного навантаження дозволить отримувати інформацію про різні аспекти одних і тих же процесів. Безпілотні літальні апарати здатні вирішувати наступні завдання:

- моніторинг лісових пожеж;
- моніторинг опустелювання та ерозії ґрунтів;
- моніторинг динаміки повеней;
- моніторинг атмосферних викидів.

На додаток до цих завдань можна здійснювати моніторинг об'єктів з високим радіаційним фоном. Наприклад, під час аварії на АЕС "Фукусіма – 1" у березні 2011 року для контролю поширення радіаційного фону використовувалися безпілотники авіаційного типу. Також в ході цих заходів безпілотники показали свою ефективність як засіб координації дій по боротьбі з аваріями такого роду. Як відомо, екологічний моніторинг – це багаторівнева структура, що складається з наступних рівнів: детального, локального, національного та глобального. Застосування БПЛА доцільно як для безперервного моніторингу невеликих ділянок земної поверхні, тобто для детального рівня, так і для комбінованого використання декількох комплексів та інтерполяції даних з цих комплексів, а також для локального рівня [2,17].

3.4. Схема системи керування БПЛА

Управління орієнтацією БПЛА грає або підлеглу, або незалежну роль. У тих випадках, коли орієнтація має самостійне значення, вона здійснюється переважно

нерадіотехнічними засобами. Тому при розгляді питань радіоуправління БПЛА найбільший інтерес представляє управління польотом. В результаті в подальшому основна увага приділяється саме цьому виду управління польотом [25].

Існують такі основні види управління БПЛА:

1. Автономне керування.
2. Самонаведення.
3. Телеконтроль.
4. Комбіноване управління.

Автономним є управління польотом БПЛА, яке здійснюється без використання будь-якої енергії, що надходить з командного пункту (КП). Тут і далі під КП розуміється точка, з якої проводиться запуск БПЛА.

При автономному управлінні пульт управління використовується тільки для управління запуском і БПЛА не бере участі в подальшому процесі управління. Оскільки БПЛА жодним чином не пов'язаний з КП або метою під час польоту, автономне управління придатне для наведення БПЛА тільки на нерухомі точно відомі цілі або на цілі, що рухаються по стійким і, більш того, точно відомим траєкторіях.

Самонаведення – це автоматичне наведення БПЛА на ціль з використанням енергії P_2 , що йде від мети до БПЛА. Ця енергія може випромінюватися або відбиватися цільовими радіохвилями, світловими або тепловими променями і так далі.

Залежно від характеру використовуваної енергії самонаведення може бути радіотехнічним, тепловим, світловим або акустичним.

Залежно від розташування первинного джерела енергії самонаведення ділиться на пасивне, активне і напіваактивне.

При пасивному самонаведенні енергія P_2 створюється джерелами, розташованими на самій цілі, або природними опромінювачами цілі (Сонце, Місяць). Тому при пасивному самонаведенні енергія P_2 виходить без спеціального опромінення цілі енергією будь-якого роду.

При активному самонаведенні мета опромінюється первинним джерелом

енергії P_1 , встановленим на БПЛА, а відбита від мети енергія P_2 використовується для самонаведення.

При напівактивному самонаведенні мета опромінюється первинним джерелом енергії P_1 , розташованим поза ціллю і БПЛА. Це джерело зазвичай розміщується на КП. Для самонаведення використовується енергія P_2 , відбита від мети.

При самонаведенні, як і при автономному управлінні, командний пункт не бере участі в управлінні БПЛА. Але на відміну від автономного уряду, існує зв'язок між БПЛА і метою. Використання цього зв'язку дозволяє виявляти відхилення БПЛА від правильного польоту до мети [36].

Для визначення цих відхилень на БПЛА встановлюється транспортір або радіолокатор цілі.

Заради спільності, надалі будемо вважати, що на БПЛА встановлено радар. Він вимірює просторову кутову координату цілі φ в деякій системі координат x_1, y_1, z_1 (Рис. 3.1). Крім того, РЛС визначає дальність до цілі r [19].

Координати цілі φ і r (або φ_x, φ_y і r) використовуються для управління, що забезпечує наведення БПЛА на ціль.

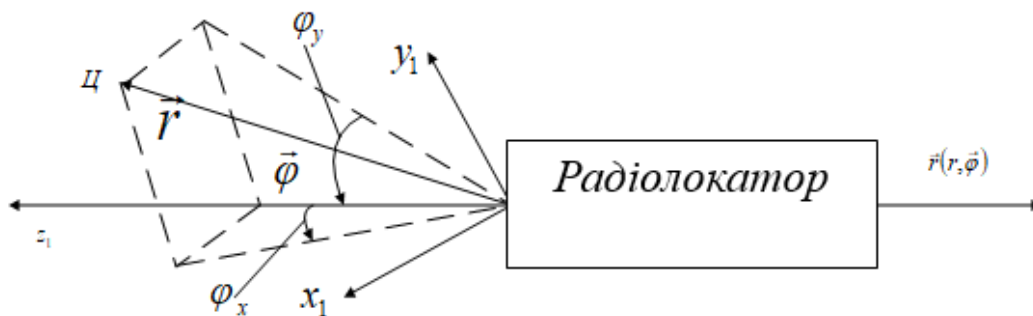


Рис. 3.1. Вимір просторової кутової координатної цілі в системі координат x_1, y_1, z_1 за допомогою радіолокатору

Телеконтроль – це управління БПЛА, здійснюване з командного пункту. Це управління може здійснюватися за допомогою рукоятки управління, яка приводиться в рух оператором на коробці передач, або повністю автоматично. У першому випадку пульт дистанційного керування називається ручним або напіваавтоматичним, а в другому – автоматичним.

Для вироблення команд управління необхідно виміряти відхилення БПЛА від правильного польоту до мети.

Залежно від способу вимірювання цих відхилень системи дистанційного керування можна розділити на два типи:

а) системи дистанційного керування першого типу – з безпосереднім керуванням метою;

б) дистанційне керування другого типу – з контролем цілі за допомогою апаратури, розташованої на БПЛА.

Принцип дистанційного керування першого типу – з безпосереднім керуванням метою – показаний на рис. 3.2.

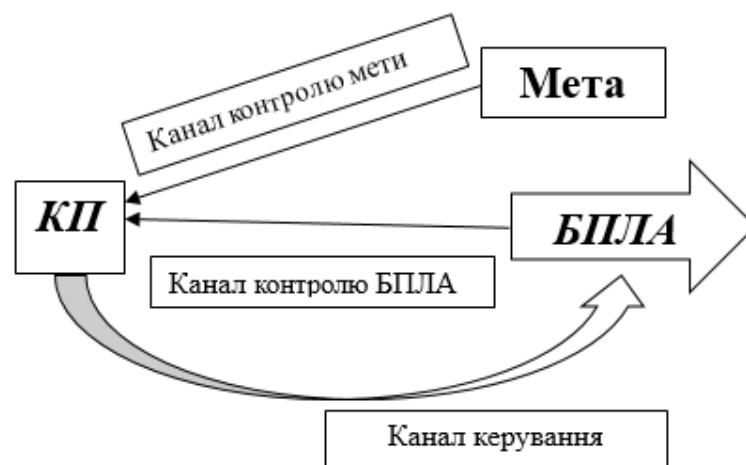


Рис. 3.2 Дистанційне керування з безпосереднім керуванням метою

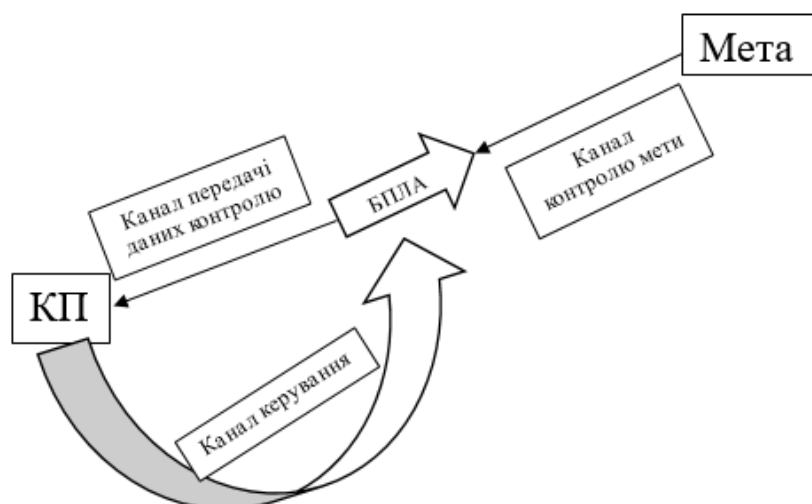


Рис. 3.3. Дистанційне керування з контролем цілі за допомогою бортового обладнання

На основі порівняння даних про мету і БПЛА визначається відхилення БПЛА від правильного польоту до мети і формуються відповідні команди на рулі напрямку БПЛА, що усувають це відхилення. Ці команди передаються на БПЛА по каналу управління.

Принцип дистанційного керування другого типу – управління ціллю через бортову апаратуру показаний на рис. 3.3. у цьому випадку відхилення БПЛА від правильного польоту на ціль виявляються вимірювальною апаратурою, встановленою на БПЛА, а БПЛА передаються на КП по каналу передачі даних управління. Тому в даному випадку управління польотом БПЛА до мети здійснюється на КП не безпосередньо, а за допомогою апаратури, встановленої на БПЛА. На основі даних, отриманих по цільовому каналу управління, формуються команди управління на КП і передаються на БПЛА по каналу управління.

Простий приклад дистанційного керування першого типу (управління методом прикриття цілі) показаний на рис. 3.4.

КП встановлює РЛС для визначення просторового кута між напрямками цілі і БПЛА. Величина і напрямок цього кута відображаються на екрані електронно-променевої трубки у вигляді відрізка ОС, що з'єднує центр екрану О зі світляною прямою С. Керуючі команди формуються оператором за допомогою ручки управління і передаються по радіо на БПЛА.

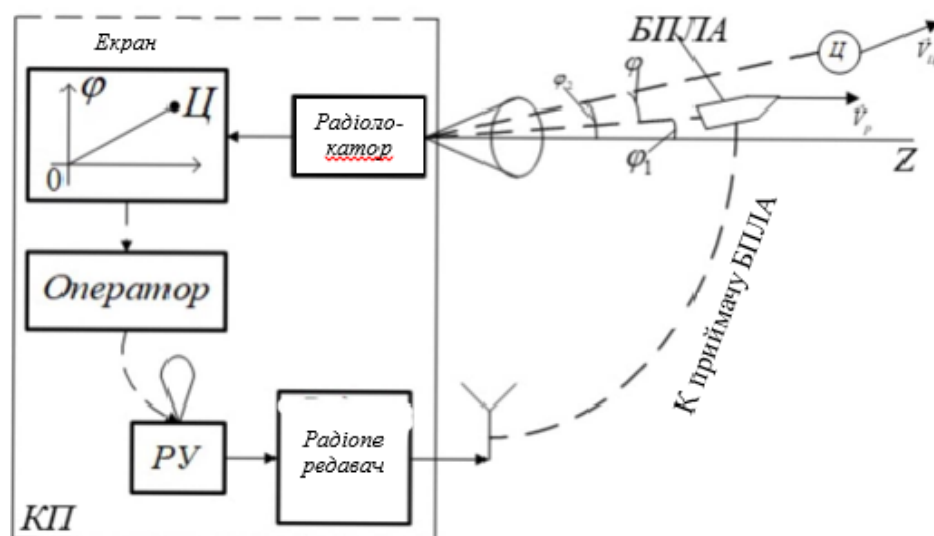


Рис. 3.4. Проста схема управління

Оператор повертає ручку керує світловим плямою так, щоб воно було вирівняно з центром екрану. Це означає, що при правильному управлінні він завжди буде знаходитися, тобто БПЛА буде перебувати на лінії візування цілі, як би прикриваючи ціль (якщо дивитися з КП), звідки і походить назва "спосіб прикриття мети". Так як БПЛА летить в напрямку мети, то, залишаючись весь час на лінійному прицілі мети, він повинен вразити ціль.

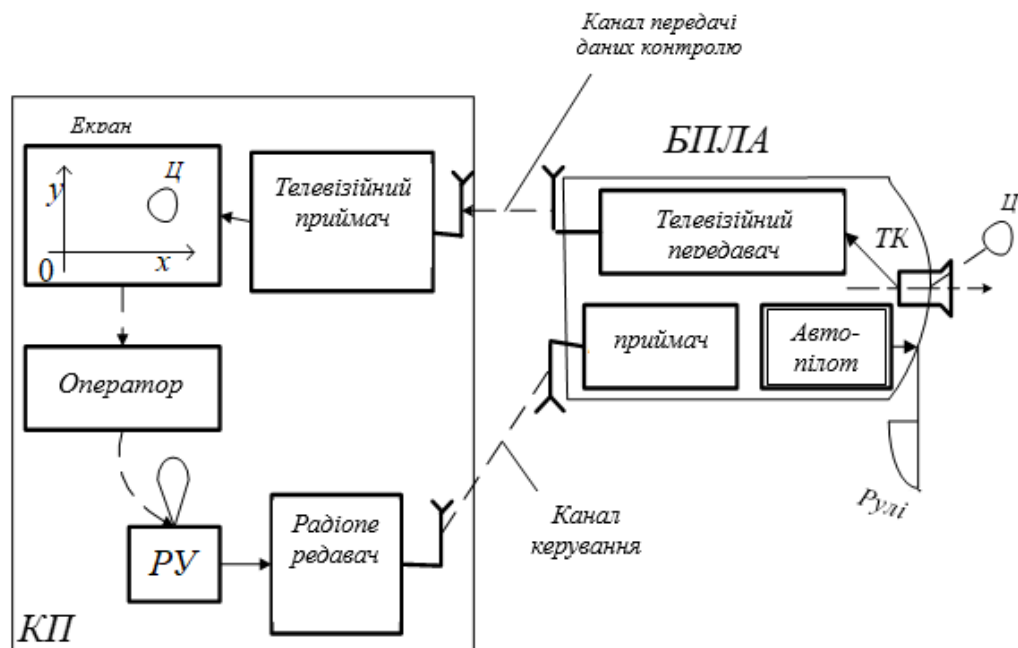


Рис. 3.5. Схема управління через бортове обладнання

Прикладом дистанційного керування з контролем цілі за допомогою бортового обладнання (Рис. 3.5) є управління за допомогою телевізійної головки.

На БПЛА встановлений телевізійний передавач, об'єктив камери (ТЗ) сприймає зображення цілі. Це зображення відтворюється на екрані телевізійного приймача, встановленого на ЦП. Команди управління формуються оператором, що спостерігає за екраном, за допомогою ручки управління, і передаються на БПЛА через радіопередавач на КП і радіоприймач на БПЛА.

Оператор управляє ручкою так, щоб центр цільового зображення не збігався з центром екрану. Так як БПЛА летить до мети, збереження зображення цілі в центрі екрану гарантує, що БПЛА спрямований на ціль.

Комбінований контроль – це поєднання декількох видів контролю. Комбінація

може бути послідовною або паралельною.

Послідовним називається таке поєднання, коли під час польоту БПЛА проводиться перехід від одного виду управління до іншого. Як приклад послідовного комбінування можна привести комбінацію трьох видів управління: автономне, дистанційне і самонавідне.

На першій ділянці траєкторії БПЛА після вертикального пуску він виходить на необхідний курс по програмній кривій, що забезпечується автономним управлінням. Потім перемикається тип управління, і подальший політ БПЛА коригується дистанційним управлінням першого типу (з безпосереднім управлінням метою). Коли БПЛА наближається до мети на відстань, достатню для захоплення цілі системою самонаведення, він перемикається з першого типу дистанційного керування на самонаведення, і самонаведення відбувається на останній ділянці траєкторії БПЛА [34].

Така комбінація дозволяє поєднувати великий радіус дії з високою точністю, але система управління складна.

Паралельне управління – це комбіноване управління, в якому одночасно діють кілька типів управління. Прикладом може служити поєднання інерціального управління з радіонаведенням. Інерційне управління, що є різновидом автономного управління, засноване на вимірюванні та інтегруванні прискорень центру мас БПЛА. Вона не схильна до організованих перешкод, але призводить до накопичення (під час польоту БПЛА) похибки, викликані неточністю вимірювання прискорення. У радіонавігації організовані перешкоди можуть мати сильний ефект, але немає накопичення помилок. Тому при використанні даних, отриманих від радіолокаційної головки самонаведення для корекції інерційної системи управління, якість управління може бути значно покращена [15,19].

Апаратура радіоуправління повинна забезпечувати наведення БПЛА на ціль (або виведення його на задану орбіту) відповідно до обраного кінематичним методом наведення. Тут під кінематичним методом розуміється обраний закон руху БПЛА, що розглядається як матеріальна точка.

На основі обраного кінематичного методу наведення і функціональної схеми

складається структурна схема системи управління, тобто схема, на основі якої може бути проведений кількісний аналіз основних характеристик системи радіоуправління – точності, дальності і перешкодозахищеності [25].

3.5. Висновки до розділу

БПЛА дає змогу стежити за розвитком різноманітних природних процесів та виявляти їх наслідки. Реєстр ще не визначив вимог щодо обов'язкової сертифікації безпілотних аерофотозйомочних комплексів або одержуваної продукції. Застосування безпілотних систем наразі це єдиний засіб ефективно контролювати стан навколишнього середовища. Технологія отримання детальних 3D моделей місцевості з БПЛА відкриває широкі можливості для моделювання природних процесів. Існують такі основні види управління БПЛА, як: автономне керування, самонаведення, телеконтроль, комбіноване управління.

РОЗДІЛ 4

ПРАКТИЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В МОНІТОРИНГУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Обстеження лісових насаджень та полів за допомогою БПЛА

Попередні дослідження показали, що БПЛА можуть бути використані для вирішення різноманітних завдань. В Європейському Союзі використання БПЛА для екологічного моніторингу лісів та полів є звичайним явищем, а в Україні установи наукового напрямку тільки завершують перші спроби у дослідженні роботи цього сучасного обладнання. За допомогою використання БПЛА можна отримувати актуальні матеріали про ліси [26].

Літом 2018 р. були проведені випробування польоту БПЛА над певними лісовими масивами України. Аерофото- і відеозйомка лісових масивів і площ лісових культур. Робоча висота польоту до 1200 метрів. Отримані відеоматеріали завантажувались потім на комп'ютер та оброблялись за допомогою відповідної програми. Вважається, що кращою для таких дослідів є погода без вітру і хмар в більш освітленій частині дня.

Сьогодні зйомка ведеться камерами, які можуть знімати у видимому спектрі, але з розвитком науки прогнозується, що в найближчому майбутньому з'явиться камера з такими характеристиками, яка також дозволить вести зйомку в інфрачервоному діапазоні спектра. Це дозволяє проводити більш детальне вивчення рослинних спільнот за участю рослинних індексів, вивчати вегетативну активність трав'янистих екосистем, стан лісових масивів і досліджувати інші аспекти (Рис.4.1).

В ході випробувань отримані зображення з повітря поверх дерев по заданому напрямку у видимому діапазоні і створювали на їх основі ортофотознімки (лісові карти) [37]. Ортофотоплан у видимому діапазоні може бути використаний для візуальної оцінки місця розташування лісових масивів, вимірювання площ, виявлення насаджень з погіршеним станом, слідів діяльності людини і тварин,

обліку великих тварин. На підставі порівняння ортофотознімків, отриманих в різний час, можна швидко отримати та проаналізувати перші ознаки погіршення стану лісів і зробити прогноз поширення несприятливих процесів [21].



Рис. 4.1. Фотознімок отриманий з бортової камери БПЛА з фіксацією усохлого дерева

Отримані зображення дозволяють розрахувати NDVI та кількісно оцінити рослинний покрив, зокрема продуктивність лісів та такі основні показники насаджень, як висота, діаметр, розмір крони, повнота.

Також отримані з БПЛА зображення дозволяють оцінити лісокультурні і лісогосподарські роботи, тобто взагалі це: якість обробки ґрунту під лісові культури, ручний і механізований догляд за лісовими культурами (засмічення), стан лісових культур (густота, збереження), захисні смуги і протипожежні мінералізовані смуги, контури зрубів і їх заростання, гірські хребти (Рис. 4.2).

За допомогою використання БПЛА можна швидко виявити осередки загоряння в лісових масивах в радіусі 15 км від місця старту, скласти карту наслідків пожеж, захаращеності, вогнищ комах-хвої, шкідників на стовбурах дерев, лісових хвороб, а також створити карту для лісопатологічного моніторингу. Дослідження лісових масивів і полів можуть проводитися або певною активною частиною суспільства,

або існуючими комерційними компаніями, такими як Droneua, Sence.Fly and InteticsGeo, DJI Enterprise, SuperCam (Рис.4.3).



Рис. 4.2. Фотознімок з БПЛА густоти лісових культур певного лісового масиву

Дослідне застосування БПЛА у дослідному лісництві державного підприємства "СФ Укрнділха", а також аналіз літературних джерел свідчать про високу ефективність використання безпілотних літальних апаратів при проведенні наукових досліджень. Адже БПЛА дає можливість систематично проводити якісні аерофотозйомки експериментальних лісових об'єктів та отримувати якісні об'єктивні дані, що суттєво впливає на рівень результатів досліджень.

Неякісна ефективність засобів управління при великій площі полів – це проблема, з якою довелося зіткнутися. Звичайне візуальне спостереження – це організована щоденна поїздка в поле для огляду посівів, не може дати повної і об'єктивної картини. До недавнього часу супутникові знімки вважалися найбільш досконалим видом моніторингу.



Рис. 4.3. Зйомка лісових масивів компанією SuperCam

Але ці супутникові знімки коштують досить дорого, не мають найвищої роздільної здатності і не дуже швидкі, тому що їх потрібно замовляти заздалегідь. А використання БПЛА для моніторингу полів дозволяє швидко отримувати дані, та вони є значно дешевше (Рис.4.4). Чіткі дані дозволяють детально відстежувати зростання врожаю, виявляти всі негативні риси і своєчасно вживати термінові необхідні заходи щодо усунення виявлених проблем.

Здійснювати моніторинг полів та рівнинних територій України за допомогою БПЛА ефективно на всіх етапах:

- аналіз якості передпосівного обробітку ґрунту;
- моніторинг якості посівів – аналіз щільності посівів;
- моніторинг стану сіянців;
- оцінка рівня засміченості полів та територій;
- моніторинг якості застосування засобів захисту рослин та добрив – оптимізація їх застосування;
- точне вимірювання контурів територій полів;
- аналіз індексу NDVI.

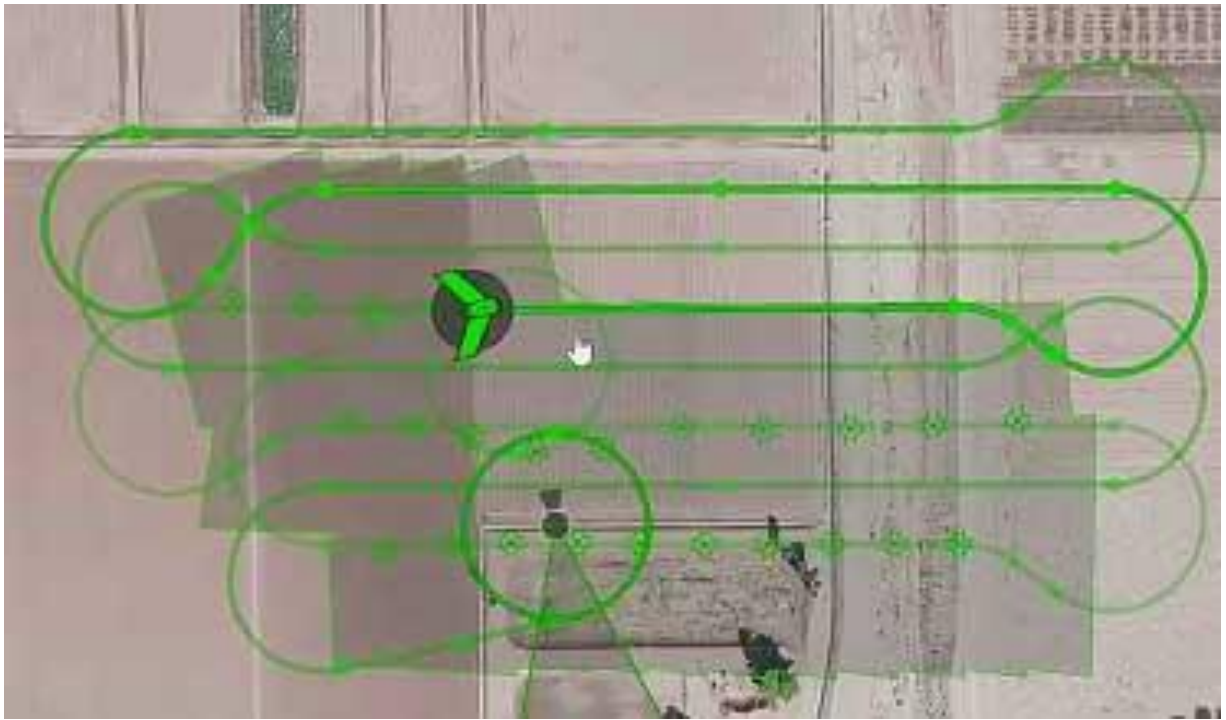


Рис. 4.4. Сканування поля за допомогою БПЛА з сенсором Parrot Sequoia

Існуючі картографічні дані втрачають свою актуальність. Та наразі використання БПЛА для картування територій вважається більш економічним та швидким методом за допомогою аерознімання територій з метою складання ортофотопланів [40]. Оперативне внесення в електронні карти змін, які відбулися впродовж року, дозволить значно прискорити і покращити матеріали, які складають основу безперервного лісовпорядкування БПЛА мають додаткові переваги перед традиційними повітряними і космічними зльотами: точність, мобільність і висока ефективність. Отримувані оновлені картографічні дані допомагають ефективно планувати і виконувати лісогосподарські заходи [21].

4.2. Використання БПЛА у моніторингу акваторій України

Невеликі і легкі безпілотники постачають дані, які сприяють кращому розумінню просторових і тимчасових процесів на водозборах. Застосування БПЛА особливо виправдано для визначення динаміки швидко розвиваються процесів. У місцях, де характерні повені, активна ерозія, скорочення лісового покриву.

Своєчасне виявлення замулення і засмічення водойм, обвалення берегів дозволить швидко і з мінімальними витратами усунути небажані процеси. А контроль льодової обстановки і сніготанення допоможе прогнозувати обсяг стоку і запобігти можливим паводкам і повені [20,33].

При використанні БПЛА спостереження здійснюється не тільки за водними об'єктами, а й за прилеглою береговою лінією. Інформація про зони затоплення, що отримується з БПЛА, дозволяє швидко оцінювати ситуацію і прогнозувати її розвиток. БПЛА дозволяють виявляти несанкціоновані звалища або викиди промислових відходів.



Рис. 4.5. Момент зйомки з БПЛА

Для повітряного моніторингу водних ресурсів на значній відстані найбільш ефективно застосування БПЛА літакового типу: АС-КАМ АС-32-08, АС-32-10, АС-32-12, а для здійснення огляду невеликих ділянок – БПЛА вертолітного типу МК1400 і МК1600 [7].

Найважливіша перевага БПЛА в їх економічній ефективності та оперативності. Можна в лічені години виконати повітряні зйомки навіть у важких умовах, де застосування звичайної авіації утруднено або неможливо.



Рис. 4.6. Момент зйомки паводків за допомогою БПЛА

Регулярний моніторинг водних ресурсів з БПЛА в разі паводку або повені дозволить визначити зони затоплення, виявити постраждалих, оцінити збиток і спланувати дії з ліквідації наслідків, виявляти дії нелегальних рибалок. Якщо причиною повені є льодові затори, детальна зйомка допоможе знайти найбільш оптимальні місця установки вибухових зарядів для їх усунення. Дані з повітря будуть корисні при ліквідації наслідків екологічних катастроф. По знімках можна визначити всі ділянки забруднень, а за допомогою спостереження в реальному часі координувати роботу наземних груп.

Модульна камера з функцією оптичної стабілізації зображення з 30-ти кратним оптичним збільшенням дає можливість максимально точно визначати рибальські мережі під водою.

Технологія отримання детальних 3D моделей місцевості з БПЛА відкриває широкі можливості для моделювання природних процесів. Сумісність вихідних даних з ГІС дозволить скористатися інструментами гідрологічного аналізу. Можна точніше визначати напрямок і швидкість стоку, обчислювати сумарний стік, розмежовувати вододіли і створювати мережі водотоків. Точні тривимірні просторові дані допоможуть моделювати різні зовнішні умови, процеси перенесення зважених частинок або забруднюючих речовин.

Нагляд за водокористувачами і водоспоживачами стане набагато простіше, якщо використовувати для цього безпілотні літальні апарати. Систематична зйомка з повітря дозволить контролювати вилучення води, виявити несанкціоноване використання водойм і водоохоронних зон [1]. За результатами теплової зйомки ви з легкістю визначите місця незаконного скидання стічних вод або виходи теплих джерел. За допомогою наших БПЛА ви зможете виконувати візуальне обстеження гідротехнічних споруд для виявлення дефектів і пошкоджень.



Рис. 4.7. Приклад аерофотознімки місцевості з розміщеними водними об'єктами поблизу Харківського аеропорту

4.3. Дослідження динаміки зміни якості атмосферного повітря на території України

Аналіз складу повітря поза лабораторією за допомогою БПЛА має багато переваг. Це економить гроші і час на доставку отриманих зразків в лабораторію для проведення досліджень. При проведенні аналізу на місці, як правило, не потрібні

висококваліфіковані виконавці, так як використовуються більш прості інструменти аналізу. Але головна перевага таких досліджень полягає в тому, що часто неможливо провести аналіз в стаціонарній лабораторії або це не має сенсу, наприклад, в ситуаціях, коли форми існування окремих компонентів мінливі.

Аналіз складу повітря від безпілотного робота виконується в режимі реального часу, що дає можливість негайно приступити до ліквідації джерел або наслідків аварій, не чекаючи закінчення дослідження в лабораторії і отримання відповідних лабораторних даних.



Рис. 4.8. Принцип польоту БПЛА в моніторингу якості атмосферного повітря

Очевидно, що роль стаціонарної лабораторії для аналізу складу повітря повинна зменшуватися, а значення використання БПЛА – зростати. Слід зазначити, що досягнення аналітичного приладобудування, аналітичної хімії та суміжних галузей промисловості надають можливості для аналізу складу повітря за допомогою БПЛА. Такі літаки оснащені всім необхідним обладнанням для високоточного аналізу складу повітря.

Для розрахунку AQI потрібні інформаційні дані середнього рівня забруднення певного часового проміжку, отримана за допомогою газоаналізаторів для моніторингу якості атмосферного повітря або отримана шляхом розрахунку (що є менш точним методом визначення забруднення повітря). Час поширення та концентрація забруднюючих речовин в атмосфері беруться разом. Вплив конкретної

кількості забруднення визначається епідеміологічними дослідженнями. Забруднювачі повітря різняться за силою, а функція, яка використовується для перетворення забруднювача повітря в AQI, залежить від забруднювача. Як правило, AQI поділяється на рівні (Табл. 4.1), кожен з яких має свій власний код з відповідним кольором, характеристики, опис та стандартизовані попереджувальні дані про вплив на здоров'я населення.

Таблиця 4.1

Рівні індексу якості повітря

Показник	Індекс якості повітря (ІЯП=AQI)	Рівні концерну охорони здоров'я
0 - 50	Задовільний	Якість повітря вважається задовільною, і забруднення повітря є незначним в межах норми.
51 - 100	Помірний	Якість повітря в допустимих межах; проте деякі забруднювачі можуть становити небезпеку для людей, які є особливо чутливим до забруднення повітря.
101 - 150	Шкідливий для чутливих груп	Може надавати ефект на особливо чутливу групу осіб. На середнього представника не робить видимого впливу.
151 - 200	Шкідливий	Кожен може почати відчувати наслідки для свого здоров'я; особливо чутливі люди можуть відчувати більш серйозні наслідки.
201 - 300	Дуже шкідливий	Небезпека для здоров'я від надзвичайних умов. Це відіб'ється, ймовірно, на всьому населенні.
300+	Небезпечний	Небезпека для здоров'я: кожна людина може відчувати більш серйозні наслідки для здоров'я.

Проаналізувавши дані індексу якості повітря по Україні можна виділити:

- пункти з дуже шкідливим рівнем якості повітря переважно з'являються в Івано-Франківську, Харкові та Луцькій, Запорізькій області;
- пункти з шкідливим рівнем якості повітря для чуттєвих груп переважно в Києві, Запоріжжі, Слов'янську, Херсоні та Чернівецькій області;
- пункти з помірним рівнем якості повітря переважно в Львові, Луцьку, Рівному, Києві, Харкові, Миколаєві, Одесі, Ладжижині, Черкасах та Кропивницькому;
- пункти з задовільним рівнем якості повітря в Луцьку, Тернополі, Миколаєві, Донецькій, Сумській та Одеській областях.

Завдяки використанню технології дослідження БПЛА є змога провести ранжування та дослідити динаміку змін якості повітря набагато швидше. Індекс якості повітря збільшувався через багато факторів, таких як рух в годину пік, пожежа, відсутність вітру або відсутність розріджувачів для забруднювачів повітря (Рис. 4.2).

На графіку зображено зміну якості в пунктах моніторингу за листопад 2020 року. Нерухоме повітря, часто викликане антициклоном, температурною інверсією або слабкою швидкістю вітру, дозволяє забруднювачам повітря залишатися на одному місці, що призводить до високих концентрацій забруднюючих речовин, а також хімічних реакцій між забруднювачами в атмосфері, а також призводить до смогу [30].

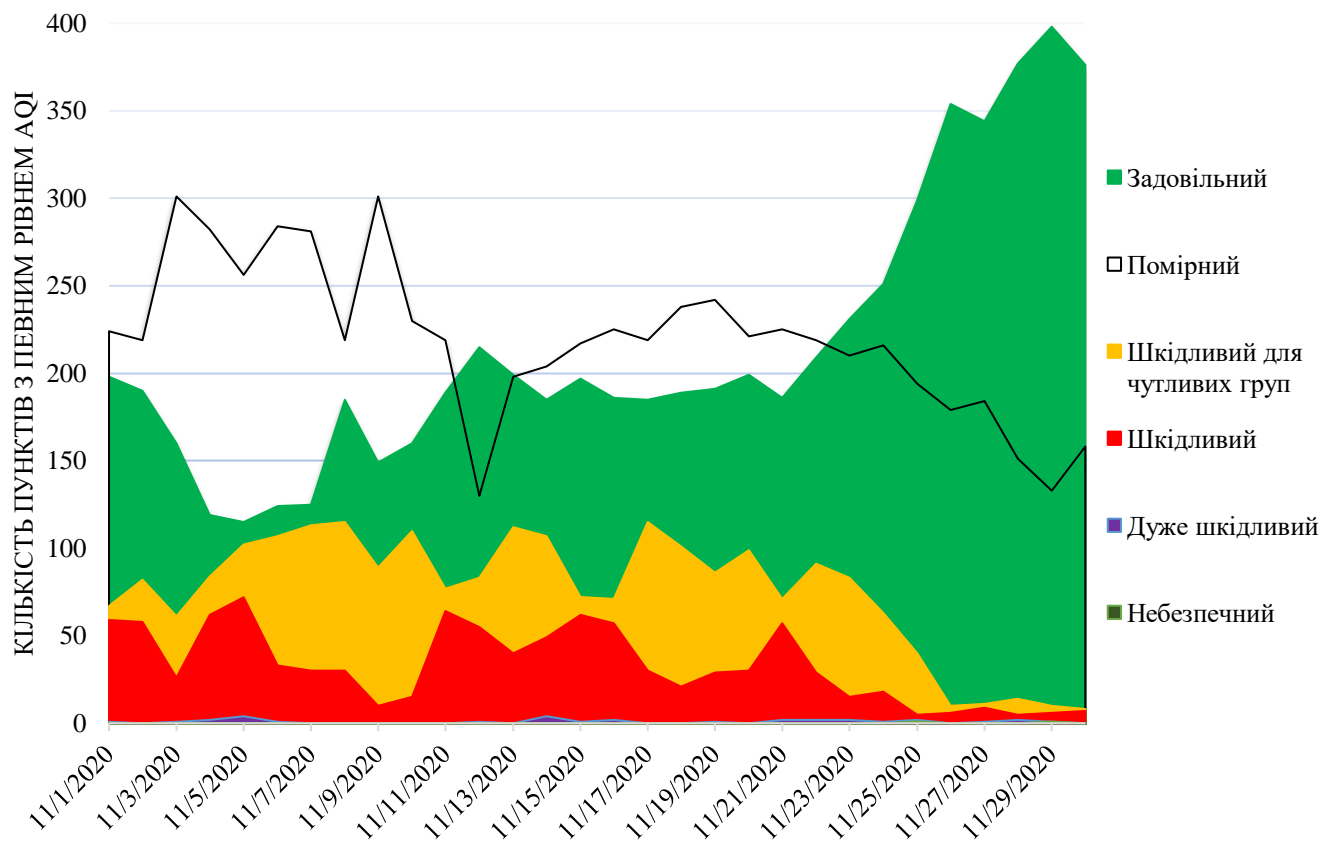


Рис. 4.9. Динаміка зміни якості атмосферного повітря України

Дане спостереження дає змогу провести ранжування великих міст України по показнику якості атмосферного повітря (Табл. 4.2). З ранжування бачимо, що перше місце по забрудненості атмосферного повітря займає Мукачево (Закарпаття), а

останнє місто з найнижчим показником індексу якості повітря – Краматорськ (Донецька область).

Таблиця 4.2

Ранжування міст України за індексом якості повітря

Місто	Значення індексу якості повітря				Ранг
	Початок місяця	MIN AQI	MAX AQI	Кінець місяця	
Київ	53	16	135	55	11
Вінниця	49	33	167	45	6
Луцьк	76	19	162	57	4
Дніпр	35	11	102	21	23
Краматорськ	16	5	78	34	24
Житомир	85	21	167	48	3
Мукачево	154	17	169	59	1
Запоріжжя	47	21	150	53	7
Івано-Франківськ	68	35	145	56	5
Кропивницьке	44	20	155	48	8
Сєверодонецьк	68	8	93	23	21
Львів	55	15	133	46	14
Миколаїв	42	11	173	40	9
Одеса	39	7	109	35	22
Полтава	36	12	115	31	20
Рівне	62	10	126	45	16
Суми	46	11	109	42	19
Тернопіль	66	13	141	35	13
Харків	34	17	151	43	15
Херсон	73	33	177	91	2
Хмельницький	43	9	143	62	12
Черкаси	38	9	151	36	17
Крехаїв	55	5	158	42	10
Чернівці	65	13	100	43	18

У той день, коли рівень індексу якості повітря за прогнозованими розрахунками може підвищитися, підприємство або організація охорони здоров'я повинні:

- рекомендувати, щоб чутливі групи, такі як люди похилого віку, діти, а

також ті, хто має респіраторні або серцево-судинні захворювання, уникали вправ на свіжому повітрі;

- оголосити вихідний і попросити людей залишити свої автомобілі вдома і користуватися громадським транспортом, щоб зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу.

- рекомендувати використовувати респіраторну маску, щоб уникнути попадання дрібних частинок в легені.

У період дуже низької якості повітря, у випадках забруднення повітря в конкретному місці, місті, районі, коли індекс якості повітря показує, що сильний вплив може призвести до значної шкоди здоров'ю населення, відомство або уповноважений орган можуть ввести надзвичайний план, який дозволить їм наказати основних забруднювачів повітря, таким як теплові електростанції, підприємства, що спалюють вугілля, газ та інші, скоротити викиди до тих пір, поки не будуть знижені шкідливі умови.

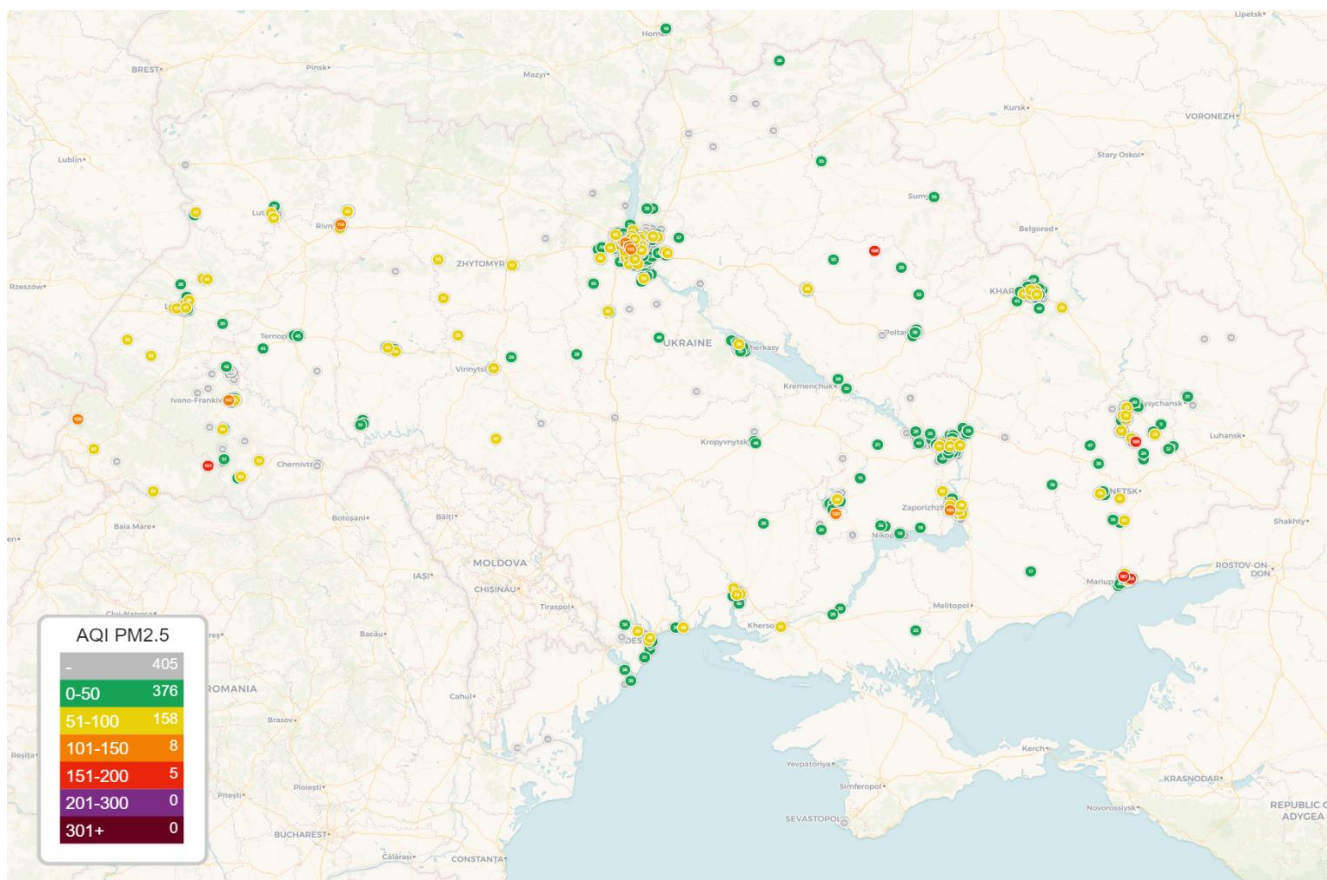


Рис. 4.10. Карта пунктів миттєвого аналізу якості повітря (за AQI) на території України

4.4. Висновки до розділу

За допомогою отриманих зображень з БПЛА з'являється можливість оцінити лісокультурні та лісогосподарські роботи, оновлювати карти, виявляти осередки пожеж та засмічення територій, здійснювати нагляд за водокористувачами, водоспоживачами, береговими лініями та несанкціонованим використанням водойм і водоохоронних зон. Безпілотні літальні апарати, котрі використовуються при проведенні моніторингу атмосферного повітря, дозволяють робити ранжування та просліджувати динаміку змін якості навколишнього природного середовища.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз впливу негативних чинників на оператора БПЛА

Згідно з Законом України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ від 14 жовтня 1992 року, охорона праці – це система правових та соціально-економічних, організаційно-технічних та санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів та засобів, які спрямовані на збереження здоров'я й працездатності працюючої людини.

Відповідно до ст. 4 Закону України "Про охорону праці": державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована саме на створення належних, безпечних та здорових умов для праці, також попередження нещасних випадків і професійних захворювань.

За порушення законів й інших нормативних правових актів з охорони праці, і створення перешкод у діяльності, а саме, посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці, а ще представників професійних спілок, усіх їх організацій та об'єднань винні у цьому особи підлягають дисциплінарній, адміністративній, матеріальній та кримінальній відповідальності відповідно до Закону (ст. 44 Закону "Про охорону праці").

Впровадження комп'ютерних технологій докорінно змінило характер роботи різних категорій фахівців, вимоги до організації робочого процесу та охорони праці, включаючи операторів дистанційного керування БПЛА. Оператори в ході праці використовують комп'ютерні технології (екран монітору), випробуючи їх величезний потенціал.

Робота на комп'ютері є високоризиковою роботою, згідно з переліком високоризикових робіт, затвердженим наказом Державного комітету України, відповідно, з нагляду у сфері охорони праці № 123 від 30 листопада 1993 року.

Інструкція є розробленою відповідно до «Правил охорони праці під час експлуатації електронно – обчислювальних машин», які затверджені Наказом

Державного комітету України що до промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року № 65.

Недотримання вимог безпеки призводить до того, що через деякий час після роботи за комп'ютером співробітник починає відчувати певний дискомфорт, а саме: з'являються головні болі і біль в очах, стомлюваність і дратівливість. У деяких людей порушується сон, погіршується зір, починають боліти м'язи рук, шиї, попереку і т. д.

До найбільш поширених помилок, пов'язаних із забезпеченням умов праці операторів, які працюють на комп'ютерах, відносяться:

- недостатня площа і обсяг виробничого приміщення;
- недотримання вимог до температури і вологості робочих приміщень;
- низький рівень освітленості в приміщеннях і на робочих поверхнях обладнання;
- підвищений рівень низькочастотних магнітних полів від моніторів;
- довільне розміщення обладнання, порушення вимог організації робочого місця;
- недотримання вимог до режиму (відпочинок, праця);
- надмірне виробниче навантаження працівників;
- відсутність навичок зниження впливу психоемоційного стресу.

Залежно від умов праці, в яких використовуються ПК, та характеру виконуваної роботи, працівники можуть також піддаватися впливу інших небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Відповідно до ст. 14 Закону «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечити:

- безпеку працівників при експлуатації обладнання;
- використання засобів індивідуального захисту;
- відповідні вимоги охорони праці, умови праці на кожному робочому місці;
- дотримання режиму праці й відпочинку;
- навчання безпечнішим методам, прийомам виконання робіт;

- інструкцію (з охорони праці);
- організацію контролю встановлених умов праці на робочих місцях;
- атестацію робочих місць;
- інформування працівників про умови праці та охорону праці на робочому місці, існуючий ризик заподіяння шкоди здоров'ю, а ще про компенсацію та засоби індивідуального захисту, на які у них є право.

5.2. Безпека зорового аналізатора при роботі з екраном

Місця розміщення оператора та персонального комп'ютера повинні відповідати: вимогам НПАОП 0.00-7.15-18 "Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями", які затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 14.02.2018 № 207, «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно – обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.1998 року № 7 (ДСанПіН 3.3.2-007-98).

При розташування робочих станцій з комп'ютерами відстань, між робочими столами з екранами моніторів, має бути мінімум 2,0 м, а відстань між бічними поверхнями екранів моніторів – більше 1,2 м.

Робоча зона з комп'ютером в приміщеннях, де імовірно існування шкідливих виробничих факторів розташовують в окремих кабінах, обов'язково, з якісним повітрообміном.

Екран монітора повинен бути розташовуваним від очей працівника на відстані 600 – 700 мм, але далі 500 мм, якщо брати на рахунок розмір буквено-цифрових знаків й позначень.

Конструкція самого робочого столу повинна оптимально розміщувати на поверхні обладнання, яке знаходиться у використанні, з урахуванням усіх його особливостей та кількості одиниць, характеру виконуваних робіт. Але дозволяється використовувати робочі столи різних конструкцій, які обов'язково відповідають

сучасним вимогам ергономіки. Коефіцієнт відбиття, який повинна мати поверхня робочого столу, складає 0,5 – 0,7.

Висота столу, за нормами, повинна складати близько 680 – 800 мм, але якщо це неможливо, то висота робочої поверхні повинна бути 725 мм. Модульні розміри робочої поверхні столу користувача ПК, за якими розраховуються розрахункові розміри, це: ширина – 800, 1000, 1200 та 1400 мм, глибина – 800 або 1000 мм при невстановленій висоті 725 мм.

Працівник повинен мати вільний простір для ніг висотою, обов'язково, близько 600 мм, шириною більше 500 мм, глибиною не менше 450 мм на рівні коліна та 650 мм при витягнутих ногах.

Конструкція крісла робочого місця повинна цілком забезпечувати підтримку встановленої пози для роботи за ПК, не обмежувати положення що б зменшувати статичну напругу м'язів шиї і спини, запобігати розвитку стомлення.

Тип робочого стільця вибирають виходячи з росту працівника, характеру та тривалості роботи. Робоче крісло має бути підйомним та з поворотною функцією, регульованим по висоті та з певним нахилом сидіння та спинки, а ще з відстанню спинки крісла від переднього краю сидіння, та при цьому регулювання повинно бути незалежним, легким та надійно зафіксованим. Саме крісло та всі інші елементи крісла повинні бути напівм'якими, не ковзаючи, злегка електризованим і дихаючим матеріалом покриття, що також легко очищається від забруднень [23].

Робоче місце користувача ПК, обов'язково, повинно бути обладнане підставкою для ніг шириною більше ніж 300 мм, глибиною – 400 мм, регулюванням висоти до 150 мм та кутом нахилу опори стійкі до 20 градусів. Матеріал поверхні підставки повинен бути рифленим та висотою 10 мм уздовж передньої кромки.

Клавіатура (або інші контролери, в випадку управління БПЛА – ручка управління) повинна розміщуватись на поверхні робочого столу на відстані від 100 до 300 мм від краю, який знаходиться біля користувача, або на спеціальній регульованій підставці по висоті робочої поверхні, яка відокремлена від основної стільниці робочого місця.

Існує три види робіт, що виконуються на ПК:

- група А – робота по зчитуванню інформації з екрану;
- група Б – робота по введенню інформації;
- група В – творча робота в діалоговому режимі з ПК.

При виконанні певних робіт, пов'язаних з різними видами робіт на протязі робочої зміни, основною роботою з ПК слід вважати ту, яка займає більше 50% часу робочої зміни або робочого дня.

Для видів робіт виділяють три категорії тяжкості та інтенсивності роботи з ПК, які визначаються:

- для групи А зчитується загальна кількість символів за зміну, але не більше 60 тисяч символів за зміну;
- для групи В за загальною кількістю символів, прочитаних або реалізованих за робочу зміну, але не більше 40 тисяч символів за зміну;
- для групи В за загальним часом безпосередньої роботи з ПК за робочу зміну, але максимум 6 годин за зміну [8].

5.3. Розробка рекомендацій запобігання захворювання зорових аналізаторів

Штучне освітлення в приміщеннях, для роботи за ПК, повинно забезпечуватися загальною рівномірною системою освітлення. У виробничих і адміністративно-громадських приміщеннях слід застосовувати комбіновані системи для освітлення (крім загального освітлення встановлюються локальні світильники для освітлення робочої поверхні працівника).

Освітленість поверхні столу в зоні розміщення робочого місця повинна становити 300 – 500 люмен. Освітлення не повинно створювати відблисків на поверхні екрану. Освітленість поверхні екрану не повинна перевищувати 300 люмен. Як джерела світла при штучному освітленні слід використовувати в основному люмінесцентні лампи і компактні люмінесцентні лампи.

При установці відбитого освітлення у виробничих і адміністративно-громадських приміщеннях допускається використання металогалогенних ламп.

Лампи розжарювання, в тому числі галогенні, можуть використовуватися в місцевих освітлювальних приладах. Використання ламп без розсіювачів і екрануючих решіток не допускається.

Для виникнення зорового сприйняття об'єкта зоровий аналізатор реалізує певні функції: світлосприйняття, контрастну чутливість і гостроту зору. Саме ці функції дозволяють візуально сприймати форму, розмір та яскравість розглянутого об'єкта.

Світловіддача – це здатність ока до сприйняття яскравості активних світлових подразників. Найнижча яскравість, яка викликає сприйняття світла в темних умовах, – це є поріг сприйняття світла. Зворотня величина порога сприйняття світла називається світлочутливістю ока. Поріг сприйняття світла залежний від кутового розміру подразника (тобто, чим більше розмір розглянутого об'єкта, тим вище чутливість, й навпаки).

Зоровий аналізатор здатний до регулювання світлочутливості в залежності від рівня освітленості. Ця здатність ока називається зоровою адаптацією.

Для захисту, від прямих сонячних променів, що створюють відблиски на екрані, на вікнах приміщення повинні бути встановлені певні сонцезахисні пристрої. Екран монітора потрібно розташовувати так, щоб світло з вікна падало збоку на робоче місце, бажано що б це було зліва.

Як джерело для штучного освітлення в приміщеннях, де встановлені ПК, доцільно використовувати відомі люмінесцентні лампи. У місячних світильниках можна використовувати також лампи розжарювання. Освітленість робочого місця в горизонтальній площині на висоті 0,8 м від рівня підлоги повинна становити не менше 400 люкс. Вертикальна освітленість в площині екрану становить до 200 люкс. Для зниження інтенсивності зору потрібно обов'язково забезпечити досить рівномірний розподіл яскравості по робочій поверхні монітора і навколишнього простору. Вимоги до природного і штучного освітлення наведені у ДБН В.2.5-28:2018 (Табл. 5.1).

У приміщеннях, для експлуатації ПК, необхідно проводити вологе прибирання щодня та регулярне провітрювання на протязі робочого дня. Видаляти пил з екрану

мінімум один раз на день та більше.

Для захисту оператора БПЛА від електромагнітного випромінювання і електростатичних полів, створюваних монітором, необхідно використовувати існуючі захисні екрани. За ГОСТ 121005-88 "повітря робочої зони" температура навколишнього середовища приміщення повинна бути в межах 18 – 22 градусів С, відносна вологість повітря близько 55%, швидкість руху повітря не більше 0,2 м / с.

Користувачі ПК повинні носити одяг з натуральних матеріалів, або комбінацію натуральних і штучних волокон.

Таблиця 5.1

Норми освітленості в приміщеннях з встановленими ПК

Характеристика зорової роботи	Розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд	Освітленість, лк		Природне освітлення КПО, %	
				Комбіноване освітлення	Загальне освітлення	Верхнє або комбіноване	Бокове
Висока точність	0.3-0.5	III	а	2000	500	-	-
			б	1000	300		
			в	750	300		
			г	400	200		
Середня точність	0.5-1.0	IV	а	750	300	4	1.5
			б	500	200		
			в	400	200		
			г	-	200		

5.4. Пожежна безпека

Пожежна безпека – це стан об'єкта, при якому з регульованою ймовірністю виключена можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу його небезпечних факторів на людей, а матеріальні цінності є захищеними. Причинами пожеж і вибухів, які, ймовірно, існують на підприємстві, є: порушення правил та норм пожежної безпеки, й недотримання вимог Закону "Про пожежну безпеку".

Відповідно до положень Закону України "Про пожежну безпеку" (ст. 4 - 7) правила пожежної безпеки в Україні обов'язкові для всіх центральних і місцевих

органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ та організацій (незалежно від виду їх діяльності та форми власності), посадових осіб і громадян.

Правила встановлюють загальні вимоги пожежної безпеки, які поширюються на всі підприємства, установи, організації та інші об'єкти, а також житлові будівлі, які експлуатуються, перебувають у стадії будівництва, реконструюються, переоснащуються технічно і розширюються, але за винятком підземних споруд і транспортних засобів, до яких вимоги визначені в спеціальних нормативних документах.

Забезпечуючи пожежну безпеку, слід також дотримуватися стандартів, будівельних норм і правил для електроустановок і ДНАОП 0.00-1.32-01 "Правила для електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок", стандарти технологічного проектування та інші нормативні акти, виходячи зі сфери їх застосування, що регламентують вимоги пожежної безпеки.

Під пожежною безпекою об'єкта розуміється такий стан, при якому з регульованою ймовірністю виключається можливість появи і розвитку пожежі, а також вплив небезпечних факторів пожежі на людське життя, а матеріальні цінності захищені.

Всі заходи організаційно-технічного характеру на об'єкті можна розділити на: організаційно-технічні, режимні і експлуатаційні.

До організаційних заходів пожежної безпеки відносяться: організація пожежної охорони на об'єкті, потім проведення інструктажу з пожежної безпеки з подальшим пожежно-технічним мінімумом, використання наочних засобів пожежної пропаганди і агітації, організація добровільних пожежних дружин і пожежно-технічних комісій, проведення своєчасних перевірок, перевірок стану пожежної безпеки приміщень об'єкту, будівель, та самого об'єкта в цілому та ін.

До технічних заходів відносяться: суворе дотримання правил і норм, які визначені чинними нормативними документами з реконструкції приміщень, будівель та споруд, технічного переозброєння виробництва, експлуатації або можливого переобладнання електричних мереж, систем опалення, вентиляції, освітлення

приміщення та ін.

Заходи щодо безпеки передбачають: заборону куріння і використання відкритого вогню в недозволених місцях, суворе недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях або об'єктах, регулювання пожежної безпеки, при проведенні вогневих робіт і т. д.

Оперативні заходи включають своєчасні профілактичні огляди, випробування, ремонт технологічного і допоміжного обладнання, а також інженерних споруд, до складу яких входять: електромережі, електроустановки, системи опалення та вентиляції приміщень.

Протипожежна система – це сукупність організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання виникненню умов, необхідних для виникнення пожежі [24].

Протипожежний захист об'єкта повинен здійснюватися за наступними напрямками:

1. Обмеження по розмірам і поширенню пожеж:

- розміщення будівель, споруд на об'єкті з дотриманням протипожежних перерв та інших обов'язкових вимог пожежної безпеки;
- дотримання певних обмежень по поверховості будівель і площі кожного з поверхів;
- правильне планування, розміщення виробничих приміщень об'єкту, приміщень та секцій всередині будівлі;
- розміщення пожежонебезпечних процесів і обладнання в окремих ізольованих приміщеннях, відсіках та у камерах;
- підбір будівельних конструкцій необхідного ступеня вогнестійкості;
- установка протипожежних бар'єрів в будівлях, системах вентиляції, паливних і кабельних комунікацій;
- обмеження відтоку і поширення легкозаймистих і горючих рідин у разі виникнення пожежі;
- монтаж систем автоматичної сигналізації й пожежогасіння.

2. Обмеження розвитку пожеж:

- обмеження об'єму горючих речовин, які знаходяться одночасно в цьому приміщенні;

- використання оздоблювальних будівельних і конструкційних матеріалів, зі стандартними характеристиками вибухопожежонебезпеки;

- аварійна вентиляція легкозаймистих рідин і газів;

- своєчасне звільнення приміщень від усіх залишків горючих матеріалів;

- використання спеціального обладнання з підвищеним захистом (від пошкоджень для пожежонебезпечних речовин).

3. Забезпечення безпечної евакуації (людей та майна):

- вибір такого об'ємно-планувального і конструктивного рішення будівлі, щоб евакуація людей була завершена до досягнення гранично допустимих рівнів пожежонебезпечних факторів;

- використання будівельних конструкцій будівель та споруд, відповідних ступенів вогнестійкості, з тим щоб вони зберігали свої несучі та огорожувальні функції на протязі усього періоду евакуації;

- вибір певних відповідних засобів колективного та індивідуального захисту на такий випадок;

- застосування аварійного відключення обладнання та усіх комунікацій;

- встановлення систем противодимного захисту, що запобігають задимленню шляхів для евакуації людей;

- влаштування необхідних шляхів евакуації, таких як: коридори, сходові клітки, зовнішні пожежні сходи, також їх раціональне розміщення та належне технічне обслуговування.

4. Створення усіх умов для успішного гасіння пожеж:

- монтаж систем пожежної автоматики в будівлях, приміщеннях;

- забезпечення приміщень нормованою кількістю первинних засобів пожежогасіння;

- облаштування та утримання території підприємства, під'їздів до будівельних споруд, пожежних резервуарів, гідрантів у належному стані.

5.5. Висновки до розділу

Таким чином, враховуючи основні функції зорового аналізатора, умови зорової роботи можна оцінити за трьома основними показниками: кутовими розмірами, які розрізняють об'єкти, освітленість робочого місця і контрастності об'єкта розпізнавання з фоном. Ці показники є основою гігієнічної регламентації освітлення на робочому місці, викладеної у відповідних офіційних документах (ДБН В.2.5-28:2018 і галузеві стандарти на природне і штучне освітлення).

Тривалість безперервної роботи з екранами без регламентованої перерви не повинна перевищувати однієї години. Загальний час регламентованих перерв залежить від тривалості роботи, виду і категорії трудової діяльності з використанням ПК.

Під час регульованих перерв доцільно виконувати спеціально розроблені комплекси вправ з метою зниження нервово-емоційної напруги, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії і гіпокінезії, попередження розвитку статичного стомлення.

Відповідальність за недотримання вимог законодавства до умов праці несе роботодавець, який покладає ці функції на службу охорони праці організації або на фахівця з охорони праці, що залучається на договірній основі.

ВИСНОВКИ

Безпілотні літальні апарати з кожним днем стають все більш популярними у всьому світі, про що свідчить зростаюча кількість БПЛА різних класів на авіаційних виставках по всьому світу. Завдяки універсальності БПЛА можна виконувати велику і різноманітну кількість робіт, що буде менш фінансово витратним і забезпечить кращий результат наземного моніторингу.

Така популярність даного класу літаків обумовлена рядом переваг перед пілотованими літаками для вирішення широкого кола завдань, основними з яких є відсутність екіпажу, відносно низька вартість БПЛА, а також невисока собівартість за їх створення, виробництво та експлуатацію, велику тривалість і дальність польоту. Функціональні можливості БПЛА постійно удосконалюються. Ефективність БПЛА в екологічному моніторингу має велике значення.

Відсутність державного замовлення на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи та необхідність вкладу власних коштів для створення БПЛА: без чітких гарантій отримання прибутку в майбутньому – спонукає розробників і власників відмовлятися від виконання високотехнологічних досліджень у цій галузі. Але так як в останній час БПЛА набувають популярності в здійсненні моніторингу – держава проводить тендери для компаній, дистриб'ютори та партнери компаній по підготовленню БПЛА в Україні впроваджують курси навчання для майбутніх операторів БПЛА. У більшості випадків використовується досвід створення і використання вже існуючих моделей БПЛА.

Таким чином, проаналізувавши усі данні і підводячи підсумки можна стверджувати, що використання безпілотних літальних апаратів дає можливість: систематично проводити якісні аерофотозйомки лісових об'єктів, просторових і тимчасових процесів на водозборах; швидко виявляти осередки загоряння в лісових масивах, замулення і засмічення водойм, обвалення берегів; аналізувати склад повітря в режимі реального часу та приступати до ліквідації джерел або наслідків аварій; прогнозувати обсяг стоку і запобігти можливим паводкам і повені; виявляти

несанкціоновані звалища або викиди промислових відходів. Також технологія отримання детальних 3D моделей місцевості з БПЛА відкриває широкі можливості для моделювання природних процесів. Результатом дослідження цієї дипломної роботи є розробка практичних рекомендацій по ранжуванню за якісними характеристиками певних складових природнього середовища та важливість простеження динаміки змін природніх та антропогенних явищ за допомогою використання безпілотних літальних апаратів.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GreenBiz Group [Електронний ресурс]. URL: www.greenbiz.com
2. Баскаков А. І., Жутяєва Т. С., Лукашенко Ю. І. Локаційні методи дослідження об'єктів і середовищ. М.: Академія. 2011. 384 с.
3. Безпілотні системи офіційний сайт фірми BAT ZALA AERO GROUP [Електронний ресурс]. URL: <http://zala.aero>
4. Беляєв Б. І., Оптичне Дистанційне зондування / Беляєв Б. І., Катковский Л. В. Мінськ. 2006. 455 с.
5. Біологічний контроль навколишнього середовища. Біоіндикація та біотестування. М.: Академія. 2010. 288 с.
6. Володимир Зінченко. Використання даних ДЗЗ. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. 108 с.
7. Гребеніков А. Г., Мялиця А. К., Парфенюк В. В. Загальні види і характеристики безпілотних літальних апаратів: справ, посібник. Харків. 2008. 377 с.
8. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98 [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>
9. Зайцев А.В., Назарчук І.К. Армієський збірник: журнал. 2015. № 248. С. 44-46.
10. Звіт про роботу «Науково-технічний супровід створення повітряного робототехнічного комплексу на основі безпілотних літальних апаратів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій». ФГБУ ВНДІ ГОЧС. 2014 рік. № 6641. 150 с.
11. Зосимович М. А. Безпілотники для екологічного моніторингу. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 484 с.
12. Інтелектуальні роботи: Навчальний посібник для вузів / Під його словами, в Україні не буде жодних проблем. М.: Машинобудування. 2007. 360 с.

13. Катковский Л. Б. Багатоспектральне Дистанційне зондування. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011. 396 с.
14. Козодеров В. В., Дмитрієв Є. В., Каменцев В. П. Когнітивні технології дистанційного зондування в природокористуванні. М.: МДУ ім. М. В. Ломоносова, Тверський державний ун-т. 2016. С. 279.
15. Комягін С. І. Електромагнітна стійкість безпілотних літальних апаратів. М.: Красанд. 2015. 432 с.
16. Коротких А. М. Використання даних дистанційного зондування. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. 88 с.
17. Кошкін А. А. Безпілотні авіаційні системи. М.: Стратегічні пріоритети. 2016. С. 676.
18. Кузенкова Г. В. Введення в екологічний моніторинг: Навчальний посібник. Н. Новгород: НФ УРАО. 2002. 72 С.
19. Мартін Догерті. Дрони. Перший ілюстрований путівник по БПЛА. М.: Ексмо, ГрандМастер, Наше слово. 2017. 224 с.
20. Методичні вказівки за принципами організації системи спостережень і контролю за якістю води водойм і водотоків Держкомгідромету в рамках ОГСНК. 2009. С. 15.
21. Моніторинг використання та екологічного стану земель за допомогою безпілотних літальних апаратів / Триснюк В. М. [та ін.] / *Сучасні інформаційні системи Advanced Information Systems*. 2018. Т. 2, № 4. С. 124-127
22. Наац В. І., Наац І. Е. Математичні моделі та чисельні методи в задачах екологічного моніторингу атмосфери. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 328 с.
23. Наказ «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» №207 від 14.02.2018. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18#Text>
24. Наказ «Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні» № 1417 від 30.12.2014 [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>

25. Неугоднікова Л. М. Розподілена система управління цивільним безпілотним авіаційним комплексом / *Авіакосмічне приладобудування*. 2013. № 11. С. 50-58.
26. Никифоров А. А. Аналіз зарубіжних безпілотних літальних апаратів / Никифоров А. А., Мунімаєв В. А. СПб.: Санкт-Петербурзька лісотехнічна академія. 2010. 3 с.
27. Офіційний сайт Міністерства екології та природних ресурсів [Електронний ресурс]. URL: <https://prod-ecology-portal.kitsoft.kiev.ua>
28. Погорелов В. І. Безпілотні літальні апарати. Навантаження і нагрів / Навчальний посібник для СПО. М.: Юрайт. 2018. 230 С.
29. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова КМ України від 30 березня 1998 р. № 391. *Офіційний вісник України*. № 13. 1998.
30. Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря: постанова КМ України від 9 березня 1999 р. № 343. *Офіційний вісник України*. № 10. 1999.
31. Пуртов І. С., Сінча Д. П., Максимов Н. А. Методи аналізу відеоінформації в задачі автоматичної навігації БЛА. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. 184 с.
32. Растопчин В. В. Безпілотні авіаційні системи / Растопчин В. В., Румянцев С. С. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.avia.ru>
33. Рендал У. Біард, Тімоті У. Маклейн. Малі безпілотні літальні апарати. Теорія і практика. М.: Техносфера. 2015. 312 с.
34. Безпілотні літальні апарати. [Електронний ресурс]. URL: <http://bpla.ru/kompleks-stroj-p-s-dpla-pchelalt>
35. Террі Кілбі, Белінда Кіл. Дрони з нуля. СПб: БХВ-Петербург, 2016. 192 с.
36. Торгаєв С. Н., Тригуб М. В., Мусоров І. С., Чертіхіна Д. С. / Практичний посібник з програмування мікроконтролерів. 2015. С. 111.
37. Федотов Г. А. Інженерна геодезія. Підручник. М.: Інфра-М. 2016. 480 с.

38. Хаустов А. П., Редіна М.М. Екологічний моніторинг. Підручник. М.: Юрайт. 2014. 640 с.
39. Шварьов С. А. Стан природно-технічної системи. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011. 140 С.
40. Шовенгерт Р. А. Дистанційне зондування. Моделі та методи обробки зображень. М.: Техносфера. 2010. 560 с.